Postverlagsort Leipzig

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER MITWIRKUNG VON

P. DEBYE, BERLIN-DAHLEM · F. K. DRESCHER-KADEN, GÖTTINGEN · H. v. FICKER, BERLIN · O. HAHN, BERLIN-DAHLEM · M. HARTMANN, BERLIN-DAHLEM

F. KÖGL, UTRECHT · M. v. LAUE, BERLIN · E. v. d. PAHLEN, POTSDAM · F. SAUERBRUCH, BERLIN

H. SPEMANN, FREIBURG I. BR. · H. STILLE, BERLIN · F. v. WETTSTEIN, BERLIN-DAHLEM

HERAUSGEGEBEN VON

HANS MATTHÉE UND FRITZ SÜFFERT

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

UND

ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

HEFT 37 (SEITE 577—592) · 11. SEPTEMBER 1936 · 24. JAHRGANG

INHALT:

Die Atmosphäre der Fixsterne. Von H. LAMBRECHT und B. JUNG, Breslau 577

Die Feststellung des Gehaltes eines Bodens an den für unsere Pflanzen aufnehmbaren Kali- und Phosphorsäuremengen. Von EILH. ALFRED MITSCHERLICH, Königsberg i. Pr. 582

Zur Frage der objektiven Wünschelrutenkontrolle mit magnetometrischen Apparaten. Von R. BOCK, Potsdam 585

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN:

Beitrag zur Absorptionsanalyse der Hoffmannschen Stöße. Von J. BØGGILD und A. KARKOV, Kopenhagen. (Mit 2 Figuren) 588

Quellungsdruck und van der Waalssche Kraft. Von G. V. SCHULZ, Freiburg i. Br. 589

BESPRECHUNGEN:

Berzelius-Bibliographie, im Auftrage der Kgl. Schwedischen Akademie der Wissenschaften herausgegeben von Arne Holmberg. Band I und II. (Ref.: Edmund O. von Lippmann) 589

SCHMIDT, ADOLF, Tafeln der Normierten Kugelfunktionen und ihrer Ableitungen nebst den Logarithmen dieser Zahlen sowie Formeln zur Entwicklung nach Kugelfunktionen. (Ref.: J. Bartels) 590

HEITLER, W., The Quantum Theory of Radiation. (Ref.: M. v. Laue) 590

MADELUNG, E., Die mathematischen Hilfsmittel des Physikers, unter Mitarbeit von K. Boehle und S. Flügge. Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften, Band IV. 3. Aufl. (Ref.: F. Hund) 591

BRÜCHE, E., und O. SCHERZER, Geometrische Elektronenoptik. Grundlagen und Anwendungen. (Ref.: E. Hudec) 591

RICHTER, FRIEDRICH, Kurze Anleitung zur Orientierung in Beilsteins Handbuch der organischen Chemie. Unter Mitwirkung von Konrad Ilberg herausgegeben von der Deutschen Chemischen Gesellschaft. (Ref.: E. Thilo) 592

Der innere Aufbau der Sterne

Von

A. S. Eddington

Professor für Astronomie an der Universität Cambridge, England

Nach Ergänzung der englischen Ausgabe durch Professor A. S. Eddington ins Deutsche übertragen von Dr. E. von der Pahlen

Astrophysikalisches Observatorium, Potsdam

Mit 5 Abbildungen. VIII, 514 Seiten. 1928. RM 25.20

Zu den meisterhaften Lehrbüchern von A. S. Eddington über das Sternsystem und die Relativitätstheorie ist 1926 ein neues über den inneren Aufbau der Sterne gekommen, das nun mit Ergänzungen versehen in deutscher Ausgabe vorliegt. Der Verfasser stellt hier ein Gebiet dar, an dessen Entwicklung er selbst den stärksten Anteil hat, und auch das vorliegende Buch gibt nicht nur eine zusammenfassende Bearbeitung der bisherigen Ergebnisse von mustergültiger Geschlossenheit, sondern führt die Probleme zum Teil über den Stand der vorhergehenden Arbeiten hinaus . . . *„Physikalische Zeitschrift"*

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen wöchentlich und können im In- und Auslande durch jede Sortimentsbuchhandlung oder jede Postanstalt bezogen werden. Preis vierteljährlich RM 9.60. Hierzu treten bei direkter Zustellung unter Kreuzband die Versandspesen bzw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr. Einzelpreis dieses Heftes RM 1.— zuzüglich Porto. Die Mitglieder der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte, Studierende, ferner Ärzte in nicht vollbezahlter Stellung erhalten die Zeitschrift im Abonnement mit einem Nachlaß von 20%.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 22/24,

erbeten.

Anzeigen werden von der Verlagsbuchhandlung angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe erfragen. Letzter Annahme-Termin: 12 Tage vor Erscheinen der betreffenden Nummer.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 22/24

Fernsprecher: Sammel-Nr. B 1 Kurfürst 8111.

Bodenkundliches Praktikum. Von Dr. **Eilh. Alfred Mitscherlich,** o. ö. Professor der Landwirtschaftlichen Pflanzenbaulehre an der Universität Königsberg i. Pr. Mit 15 Abbildungen. VII, 36 Seiten. 1927. RM 2.16; mit Schreibpapier durchschossen RM 2.70

Vorlesungen über Boden-Mikrobiologie. Von Dr. **August Rippel,** o. Professor und Direktor des Instituts für landwirtschaftliche Bakteriologie an der Universität Göttingen. VIII, 161 Seiten. 1933. RM 6.90

Das vorliegende Büchlein stellt die Fortsetzung der vom Verfasser vor einigen Jahren im gleichen Verlag erschienenen „Vorlesungen über theoretische Mikrobiologie" dar und bildet mit diesem zusammen eine Einheit. Die Teilung ist jedoch nicht so zu verstehen, als ob theoretische Fragen in der Bodenmikrobiologie überhaupt nicht behandelt würden. Sie erscheinen hier nur in anderer, nämlich in der angewandt-ökologischen Betrachtungsweise. Deshalb sind die in dieser Hinsicht wichtigen Vorgänge (Stickstoffbindung, Nitratbildung, Mycorrhyza usw.), die dort nur kurz in theoretischem Zusammenhange erscheinen, hier eingehender behandelt. Der Inhalt gliedert sich in 26 Einzelkapitel, die in kurzer, aber prägnanter und verständlicher Fassung die Bedeutung und Verbreitung der Mikroorganismen im Boden behandeln, in eingehender Weise den Kreislauf des Kohlenstoffs und Stickstoffs, sowie die Zersetzung der Humusstoffe und die mikrobiologische Beeinflussung des Bodens erörtern. Die letzten Kapitel sind der Bestimmung der Bodenfruchtbarkeit vermittels mikrobiologischer Methoden, der Mikrobiologie des Wassers, sowie der Konservierung der organischen Substanz gewidmet. Es ist verständlich, daß alle diese Punkte in erster Linie sich auf die landwirtschaftlichen Verhältnisse beziehen; jedoch ist keineswegs nur nach diesen Gesichtspunkten allein verfahren. So bekommt auch der Nichtlandwirt einen Einblick in die große Bedeutung der Mikrobiologie des Bodens . . .

„Biedermanns Zentralblatt für Agrikulturchemie"

Untersuchungen über die Mikrobiologie des Waldbodens. Erste Untersuchungsreihe: **Die elementaren Lebenserscheinungen der Mikroflora und Mikrofauna des Waldbodens.** Von Professor Dr. phil. **D. Fehér,** Dipl.-Forsting., Vorstand des Botanischen Instituts der K. Ung. Hochschule für Berg- und Forstingenieure in Sopron. Mit Beiträgen von Dr. phil. R. Bokor, Dipl.-Forsting., Adjunkt des Instituts in Sopron, und Dr. phil. L. Varga, Privatdozent der K. Ung. Franz-Josefs-Universität in Szeged. Mit 76 Abbildungen. VI, 272 Seiten. 1933. RM 24.—

Das Buch befaßt sich mit der Erforschung der dynamischen Zusammenhänge jener physiologischen und ökologischen Erscheinungen, welche die ernährungsphysiologischen Funktionen des Waldes beherrschen. Zum richtigen Verständnis der physiologischen Lebensvorgänge des Waldes und zum richtigen Erfassen seiner Gesetzmäßigkeiten ist die Kenntnis der biologischen Prozesse des Waldbodens unentbehrlich. Erst dann, wenn man den Kreislauf der Stoffe, welcher ja durch das Zusammenleben des Waldbestandes und der Mikroorganismen des Waldbodens bedingt wird, erkennen kann, wird man in theoretischer und praktischer Hinsicht die Lebenserscheinungen des Waldes vollauf verstehen und erforschen können . . . Das Buch ist verständlich und klar geschrieben, erfordert jedoch immerhin gewisse Vorkenntnisse und ein Vertrautsein mit den allgemeinen Lehrsätzen und Disziplinen der mikrobiologischen Forschung. Die einschlägige Literatur ist weitgehend berücksichtigt, und zwar bis Mitte 1932. Für jeden, der sich mit der Mikrobiologie des Bodens und insonderheit mit der des Waldbodens beschäftigt, bietet das Buch eine Fülle von neuem und anregendem Material. Ausstattung des Buches und Abbildungen sind wie immer im Springerschen Verlag vorzüglich.

„Biedermanns Zentralblatt für Agrikulturchemie"

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

24. Jahrgang · 11. September 1936 · Heft 37

Die Atmosphäre der Fixsterne.

Von H. Lambrecht und B. Jung, Breslau.

Unsere Anschauung über die Natur und den Aufbau der Sterne war im letzten Jahrzehnt sehr starken Wandlungen unterworfen. Die älteren Auffassungen, nach denen die Sterne aus einem glühend-festen Kern und einer leuchtenden Atmosphäre bestehen sollten, erwiesen sich als unhaltbar und wurden durch die Hypothese des vollständig gasförmigen Sternes ersetzt. Grundlegend waren hier die Arbeiten von Emden, der die Sterne als aus idealem Gas bestehend betrachtete und unter dieser Annahme eine Reihe von Sternmodellen berechnete. Der Emdenschen Theorie haftet aber noch der Mangel an, daß nur der Gasdruck berücksichtigt wird und die Wirkung des Strahlungsdruckes unbeachtet bleibt. Es ist vor allen Dingen das Verdienst Eddingtons, gezeigt zu haben, welch ausschlaggebende Rolle der Strahlungsdruck im Aufbau der Sterne spielt. Bei Berücksichtigung des Strahlungsdruckes tritt nun eine neue Schwierigkeit auf; man braucht nämlich die Kenntnis des stellaren Absorptionskoeffizienten. Auf Grund physikalischer Theorien konnte dieser als Funktion der Temperatur und Dichte abgeschätzt werden, jedoch ist die genaue Bestimmung desselben auch heute noch ein ungelöstes Problem der theoretischen Astrophysik. Als sicheres Resultat ist zu nennen, daß im Inneren des Sternes der nach außen gerichtete Nettostrom der Strahlung nur ein äußerst geringer Bruchteil der dort vorhandenen Gesamtstrahlung ist, etwa ihr 10^9ter Teil. Wenn man nach außen fortschreitet, kommt man schließlich in eine Schicht, wo die Verhältnisse wesentlich anders liegen: Die Temperatur nimmt von einigen Millionen auf einige Zehntausend Grad ab. Der Absorptionskoeffizient nimmt infolgedessen auch ab. So kommt man schließlich in ein Gebiet, aus dem Strahlung zu uns gelangt, das also der direkten Beobachtung zugänglich ist. Dieses Gebiet ist unter dem Namen Photosphäre bekannt, und man betrachtet es als die tiefste Schicht der Sternatmosphäre. Die Definition der Atmosphäre eines vollkommen gasförmigen Sternes bleibt natürlich willkürlich. Man definiert die Photosphäre vielfach als diejenige Schicht, in welcher der Absorptionskoeffizient von einem unendlich hohen Wert auf Null herabsinkt, oder auch als diejenige Schicht, aus der 80 % des uns zugestrahlten Lichtes kommen, wobei sich der Rest zu gleichen Teilen auf Gebiete unterhalb und oberhalb der Photosphäre verteilt. Praktisch besagen beide Definitionen dasselbe.

Wie Beobachtungen der Sonne ergeben, kann man über der Photosphäre noch zwei Schichten unterscheiden, die umkehrende Schicht und die Chromosphäre. Im Gegensatz zur Photosphäre ist die Dichte in der umkehrenden Schicht bereits so gering, daß dort die Gase ein Linienspektrum liefern können. Fast alle Absorptionslinien in den Sternatmosphären entstammen dieser Schicht. Darüber lagert sich die relativ sehr ausgedehnte Chromosphäre, die man beispielsweise bei der Sonne bis zu 14000 km Höhe hat verfolgen können (Kalziumchromosphäre). Die Chromosphäre bildet die äußere Begrenzung der Sternatmosphäre. Aber noch sehr weit außerhalb derselben hat man bei der Sonne Spuren verdünnter Materie nachweisen können (Korona), deren Natur jedoch noch ungeklärt ist. Im folgenden sollen nun die einzelnen Atmosphärenschichten behandelt werden.

Die Photosphäre. Die Photosphäre — also diejenige Schicht, aus der das Sternenlicht zu uns gelangt — besitzt im allgemeinen nur geringe Tiefe, die Eddington beispielsweise für die Sonne zu 27 km angibt. Durch diese geringe Dicke erklärt sich auch die scharfe Begrenzung der Sonnenscheibe. Die Temperatur nimmt natürlich von innen nach außen ab, bei der Sonne beispielsweise von etwa 7000° auf 5000° absolut. Ebenso nehmen Dichte und Druck ab, und zwar bei der Sonne die Dichte um das 12fache und der Druck um das 16fache. In der Photosphäre herrscht wahrscheinlich lokales thermodynamisches Gleichgewicht, d. h. innerhalb eines Volumelementes ist der Zustand der Materie derart, daß die der Temperatur entsprechende schwarze Strahlung emittiert wird. Das Kirchhoffsche Gesetz hat also für jedes Volumelement Gültigkeit. Von lokalem thermodynamischen Gleichgewicht kann nur dann gesprochen werden, wenn die Gasdichte noch so groß ist, daß der Energietransport im wesentlichen durch Partikelstöße vonstatten geht. Wie wir noch sehen werden, ist dies in den über der Photosphäre liegenden Schichten nicht mehr der Fall: Dort spielt der Energietransport durch Strahlung die Hauptrolle. Da die Zahl der Stöße mit dem Quadrat, die Zahl der Strahlungsübergänge dagegen nur linear mit der Dichte zunimmt, wächst der Anteil der Stoßübergänge mit zunehmender Dichte. Unter der Voraussetzung des lokalen thermodynamischen Gleichgewichtes läßt sich der Temperaturgradient in Abhängigkeit von der optischen Tiefe leicht angeben. Die optische Tiefe ist dabei durch die Gleichung gegeben:

$$\tau = \int k \varrho \, ds ,$$

wobei k den Absorptionskoeffizienten je Längeneinheit, ϱ die Dichte bedeutet und s die geometrische Tiefe mißt. Um die Temperatur in Abhängigkeit von der geometrischen Tiefe zu erhalten,

müssen k und ϱ bekannt sein. Die so bestimmte Temperatur sei mit T bezeichnet. Bezeichnet man ferner mit T_{eff} die sog. effektive Temperatur, die nach dem STEFANschen Gesetz der aus der Photosphäre austretenden Gesamtstrahlung entspricht, so erhält man nach MILNE:

τ	T/T_{eff}
0,0	0,81
1,0	1,06
2,0	1,19
3,0	1,29

Man sieht, daß die Temperatur an der Oberfläche der Photosphäre durch 0,81 T_{eff} gegeben ist. Nach EDDINGTON gilt näherungsweise die Gleichung

$$\frac{T^4}{T_{eff}^4} = \frac{17}{32} + \frac{3}{4}\tau .$$

Wie bei Beobachtungen der Sonne sofort auffällt, nimmt die Helligkeit nach dem Rande zu ab. Theoretisch findet diese Erscheinung ihre Erklärung dadurch, daß die vom Sonnenrand kommende Strahlung schräg aus der Photosphäre austritt und daher bei gleicher optischer Tiefe aus einer geringeren geometrischen Tiefe zu uns gelangt, also kühleren Schichten entstammt und somit auch geringere Intensität besitzt als in der Mitte der Sonnenscheibe. Das Problem der Randverdunkelung wurde zuerst von SCHWARZSCHILD theoretisch behandelt. Dabei wurde die Krümmung der Photosphäre vernachlässigt. Ferner wurde angenommen, daß die Intensität der austretenden Strahlung von der Richtung unabhängig sei. Die Abhängigkeit der Intensität von der optischen Tiefe wird natürlich dabei berücksichtigt. SCHWARZSCHILD erhielt folgendes Gesetz für die Randverdunkelung:

$$I(\Theta) = F\frac{d\omega}{2\pi}\left(1 + \frac{3}{2}\cos\Theta\right) \quad (\omega = \text{Raumwinkel}),$$

wo F den Nettostrom je Flächeneinheit und Θ den Winkel der austretenden Strahlung mit der Normalen bezeichnet. Weitere Näherungsverfahren stammen von JEANS, LINDBLAD, MILNE u. a. Die Randverdunkelung erfolgt nicht für alle Wellenlängen gleichmäßig, sondern ist im Violett größer als im Rot. Auch diese Erscheinung findet ihre Erklärung darin, daß die Strahlung am Rande aus tiefer temperierten Schichten zu uns gelangt, denn nach dem PLANCKschen Strahlungsgesetz nimmt die Intensität der Strahlung im Violett mit sinkender Temperatur rascher ab als im Rot. Auch die Intensitätsverteilung im kontinuierlichen Spektrum ist unter der Voraussetzung eines konstanten Absorptionskoeffizienten berechnet worden. Man erhält ziemlich gute Übereinstimmung mit der beobachteten Energieverteilung.

Fast alle diese Überlegungen gelten nur unter der Voraussetzung eines lokalen thermodynamischen Gleichgewichtes, das aber nur bei normalen Sternen wirklich besteht. Sterne mit sehr geringer Schwerebeschleunigung an der Oberfläche und infolgedessen sehr ausgedehnter Photosphäre zeigen Abweichungen, was, wie weiter unten noch gezeigt werden soll, zu einigen interessanten Folgerungen führt.

Im allgemeinen können in einer Sternatmosphäre Konvektionsströme auftreten, die bei rotierenden Sternen zu Turbulenzeffekten führen müssen. Daß derartige Turbulenzen tatsächlich vorhanden sind, zeigen uns die Sonnenflecken. Die Erscheinung der Sonnenflecken ist noch nicht in allen Einzelheiten theoretisch erklärt; jedenfalls handelt es sich um aus der Tiefe hervorbrechende Gasmassen, die sich adiabatisch ausdehnen und dabei abkühlen. Die Intensität ihrer Strahlung ist infolgedessen geringer als die der Photosphärenstrahlung. Auch eine Reihe weiterer Eigenschaften der Sonnenflecken, so ihre Verteilung in heliographischer Breite und Strömungen oberhalb des Fleckes (EVERSHED-Bewegung) finden durch die Turbulenztheorie eine Erklärung. Erwähnt sei noch, daß die „Granulation" der Sonnenoberfläche wahrscheinlich auch Konvektionsströmungen ihre Entstehung verdankt, wenn auch hierüber noch wenig bekannt ist.

Die umkehrende Schicht. Die von der Photosphäre ausgehende Strahlung kann im wesentlichen auf zwei Weisen mit der Materie der umkehrenden Schicht in Wechselwirkung stehen. Erstens kann reine Absorption der Strahlung eintreten, d. h. die Strahlungsenergie wird von den Atomen der umkehrenden Schicht absorbiert und nach einer gewissen Zeit über alle Frequenzen und Richtungen wieder ausgestrahlt. Die Verteilung über die Frequenzen wird dabei durch Partikelstöße in der Zeit zwischen Absorption und Remission verursacht. Reine Absorption kann nur bei thermodynamischem Gleichgewicht auftreten, da nur dann die für die Partikelstöße erforderliche Dichte groß genug ist. Die Beobachtungen insbesondere der Intensitäten der Absorptionslinien zeigen, daß die umkehrende Schicht sich nicht im thermodynamischen Gleichgewicht befinden kann. In diesem Falle tritt reine Streuung der von der Photosphäre kommenden Strahlung ein: sie wird absorbiert und spontan über alle Richtungen, aber in *derselben* Frequenz wieder emittiert. Demnach entstammt der kontinuierliche Teil des Spektrums der im lokalen thermodynamischen Gleichgewicht befindlichen Photosphäre, während die Absorptionslinien in der umkehrenden Schicht entstehen, wo „monochromatisches Strahlungsgleichgewicht" herrscht (MILNE).

Unter der idealisierten Annahme reiner Streuung in der umkehrenden Schicht wurde das Problem der Entstehung der Absorptionslinien zuerst von SCHUSTER (1902) behandelt. Er erhielt eine Gleichung, die die „Restintensität" einer Absorptionslinie in Abhängigkeit von der optischen Tiefe τ_ν der umkehrenden Schicht für die Frequenz ν lieferte. Die optische Tiefe ist dabei gleich dem Produkt aus der Zahl N der „Atome über der Photosphäre" und dem atomaren Streukoeffizienten.

Bereits mit Hilfe der SCHUSTERschen Formel lassen sich die beobachteten Linienkonturen gut darstellen: Die Restintensität ist im wesentlichen umgekehrt proportional der optischen Tiefe, die andererseits proportional dem atomaren Streukoeffizienten ist. In der Linienmitte ist der Streukoeffizient praktisch unendlich, die Restintensität also Null. Je weiter man nach dem Rande der Absorptionslinie kommt, desto kleiner wird der Streukoeffizient bzw. die optische Tiefe (als Funktion der Frequenz), so daß die Restintensität wächst, bis sie schließlich im Kontinuum den Wert 1 erreicht, da hier die „selektive" optische Tiefe auf Null herabsinkt. Die beobachteten Konturen der Balmer-Linien können durch die SCHUSTERsche Formel z. B. gut dargestellt werden, wenn man für die Zahl der Atome über der Photosphäre $N = 5 \cdot 10^{15}$ cm^{-2} annimmt (STEWART und UNSÖLD).

Die noch einige Härten enthaltende SCHUSTERsche Theorie wurde später von MILNE erweitert unter der Annahme, daß der physikalische Zustand in der umkehrenden Schicht zwischen thermodynamischem Gleichgewicht und monochromatischem Strahlungsgleichgewicht liegt. Dadurch erübrigt es sich, eine scharfe Begrenzung der Photosphäre anzunehmen, und die Bedeutung der Zahl der Atome über der Photosphäre wird klar herausgestellt. Nach MILNE herrscht in der umkehrenden Schicht sowohl Streuung als auch allgemeine Absorption. Das Verhältnis des allgemeinen zum selektiven Absorptionskoeffizienten beträgt etwa $^1/_{100}$, wenn man für das Intensitätsverhältnis von der Absorptionslinie zum Kontinuum $^1/_{10}$ annimmt. Im kontinuierlichen Spektrum blicken wir auf die Oberfläche der Photosphäre. Die Restintensität ist hier gleich 1. Die optische Tiefe der Photosphäre ergibt sich dann zu $^2/_3$. N ist jetzt die Zahl der Atome, die in einer bis zur optischen Tiefe $^2/_3$ herunterreichenden Säule von 1 cm^2 Grundfläche liegen muß.

Die Zahl der Atome über der Photosphäre wurde von MILNE als Funktion der Temperatur und der Schwerebeschleunigung berechnet. Es ergab sich, daß einige bisher ungeklärte Eigenschaften der Sternspektren durch die MILNEsche Theorie gedeutet werden konnten. Im allgemeinen läßt sich ja die Folge der Spektraltypen auf Grund der SAHAschen Ionisationstheorie deuten, wenn man nach SAHA den Ionisationszustand als Funktion der Temperatur und der Dichte berechnet. Nun zeigen aber die Beobachtungen, daß die Intensität der Absorptionslinien beim Übergang von Riesensternen zu Zwergsternen desselben Spektraltyps abnimmt. Nach der SAHAschen Theorie müßte gerade das Gegenteil der Fall sein. (Intensität ist hier durch die Differenz $(\nu - \nu_0)$ bestimmt, wo ν_0 die Frequenz der Linienmitte und ν eine Nachbarfrequenz mit einer bestimmten Restintensität ist.

Gemäß der MILNEschen Auffassung muß aber die relativ größere Intensität der Absorptionslinien in den Riesensternen gegenüber den Zwergsternen zwangsläufig aus der Tatsache folgen, daß die Atmosphären der Riesen geringe Dichten besitzen. Infolgedessen entspricht bei den Riesen einer optischen Tiefe $^2/_3$ eine sehr viel größere geometrische Tiefe als derselben optischen Tiefe bei den Zwergen. Die Zahl N der Atome über der Photosphäre ist bei den Riesensternen größer, was ein Anwachsen der Intensität der Absorptionslinien (in dem oben definierten Sinne) beim Übergang von den Zwergen zu den Riesen zur Folge hat.

Ein Punkt, der in der Theorie bisher noch ungeklärt geblieben ist, ist die Tatsache, daß die beobachteten Restintensitäten der Linienmitten etwa 0,1 betragen. Rechnet man jedoch mit der zur Deutung der Linienkonturen erforderlichen Zahl der Atome über der Photosphäre, so ergibt sich für die Restintensität im Linienzentrum praktisch Null. Beobachtete Linienkonturen und beobachtete Restintensitäten der Linienmitten lassen sich also nicht gleichzeitig theoretisch erklären.

Die Chromosphäre. Die dritte Schicht der Sternatmosphäre, die Chromosphäre, ist die bei weitem ausgedehnteste. Bei der Sonne besteht sie in der Hauptsache aus Kalzium, Wasserstoff und Helium. Die Kalziumchromosphäre konnte man bis zu 14000 km Höhe über den Sonnenrand beobachten, die Wasserstoffchromosphäre bis zu 10000 km Höhe. Die Kalziumchromosphäre offenbart sich bei totalen Sonnenfinsternissen im „Flash"-Spektrum in Form der Linien H und K des Ca^+. Es ist die Hauptaufgabe der Chromosphärentheorie, eine Begründung für das Vorhandensein von Ca^+ bis in die beobachteten Höhen zu geben.

Es ist leicht zu zeigen, daß eine Chromosphäre von 14000 km Höhe sich nicht in gewöhnlichem statistischen Gleichgewicht befinden kann, da dann ein so großer Dichtegradient herauskommt, daß die Chromosphäre nach 100 km bereits aufhören würde. Auch hier wurde in erster Linie durch die Arbeiten von MILNE gezeigt, auf welche Weise sich eine Chromosphäre von 14000 km Höhe überhaupt im Gleichgewicht befinden kann. Nach der MILNEschen Auffassung werden die Chromosphärenatome in erster Linie durch monochromatischen Strahlungsdruck getragen, d. h. durch den Druck derjenigen Frequenz der Sternstrahlung, die sie absorbieren. Es wird außerdem die Möglichkeit berücksichtigt, daß neben dem Strahlungsdruck noch ein zusätzlicher Druckgradient der Anziehungskraft das Gleichgewicht hält. Der Gravitation entgegen wirkt dann der selektive Strahlungsdruck, vermehrt um den Lichtdruck, der von der durch das Strahlungsfeld induzierten Emission hervorgerufen wird, plus einem zusätzlichen Druckgradienten. Die Lösung dieses hydrostatischen Problems ergab, daß tatsächlich eine Kalziumchromosphäre bis zu den beobachteten Höhen existieren kann,

solange sie *vollständig* vom Strahlungsdruck getragen wird. Führt man jedoch die Annahme ein, daß ein Bruchteil μ des Atomgewichtes durch einen zusätzlichen Druckgradienten getragen wird — diese Einführung erweist sich als notwendig, wenn man Schwankungen des Strahlungsstromes Rechnung tragen will —, so ergibt sich, daß das Dichtegesetz äußerst empfindlich gegen den Wert μ ist. Schon durch $\mu = 0{,}01$ wird die Dichte in größeren Höhen so stark reduziert, daß praktisch eine Chromosphäre von nur sehr geringer Höhe übrigbleibt. Es scheint, als ob man dieser Konsequenz der MILNEschen Theorie nicht entgehen kann, obgleich eine Reihe Versuche vorliegen, die Stabilität einer vom monochromatischen Strahlungsdruck getragenen Chromosphäre nachzuweisen.

Vor 2 Jahren wurde daher von CHANDRASEKHAR die MILNEsche Theorie auf der Basis einer hydrodynamischen Lösung des Problems erweitert. CHANDRASEKHAR geht von der Beobachtungstatsache aus, daß der Strahlungsfluß längs der Oberfläche der Sonne nicht konstant ist, wie die Spektroheliogramme im Lichte der H- und K-Linien oder der Balmer-Serie zeigen. Er nimmt an, daß der Strahlungsfluß um einen Mittelwert oszilliert, der durch die Restintensitäten der Linien gegeben ist. Die Wellenlänge der periodischen Schwankung wird zu 5000 km angesetzt, die Amplitude beträgt etwa das 2- oder 3fache des Mittelwertes. Da ferner vorausgesetzt wird, daß die Chromosphäre isotherm aufgebaut ist und die Atome eine Temperaturgeschwindigkeit von 15 km/sec besitzen, haben wir es nunmehr mit einer Chromosphäre zu tun, die sich im hydrodynamisch stationären Zustand befinden muß. Der Mittelwert, um den der Strahlungsfluß oszilliert, entspricht gerade einer vollkommen vom Strahlungsdruck getragenen Chromosphäre. Die mittlere horizontale Geschwindigkeit der Atome ist dann durch $\sqrt{\lambda g}$ gegeben, wo λ die Wellenlänge der periodischen Schwankung des Nettostromes ist und g die Schwerebeschleunigung an der Oberfläche der Sonne. Mit $\lambda = 5000$ km ergibt sich die mittlere Geschwindigkeit zu $\sqrt{\lambda g} = 36{,}8$ km/sec.

CHANDRASEKHAR konnte zeigen, daß die hydrodynamische Theorie, angewandt auf die Kalziumchromosphäre, Ergebnisse liefert, die in befriedigender Übereinstimmung mit den Beobachtungen stehen. Insbesondere ergibt sich ein Dichtegesetz, das — im Gegensatz zu dem aus der hydrostatischen Theorie gewonnenen — auch dann mit der Beobachtung übereinstimmt, wenn man Änderungen des Strahlungsflusses zuläßt, wie sie in Wirklichkeit auch ohne Zweifel vorhanden sind. Eine Erweiterung der hydrodynamischen Theorie auf die Wasserstoffchromosphäre steht noch aus.

Übrigens läßt sich die Erscheinung, daß gerade Ca^+ bis in 14000 km Höhe vorhanden ist, leicht verstehen, denn Ca^+ und ähnlich gebaute Atome besitzen Resonanzlinien, die in der Nähe des Maximums der spektralen Energiekurve der Sonne liegen. Infolge der geringen Dichte in der Chromosphäre ist eine Aussonderung dieser Atome leicht möglich.

Zum Schlusse dieses Abschnittes sei noch kurz darauf hingewiesen, daß sich wahrscheinlich ständig Atome von der oberen Grenze der Chromosphäre aus in den Weltenraum verflüchtigen. Besitzt z. B. ein Atom eine bestimmte Anfangsgeschwindigkeit, so rutscht es infolge des Dopplereffektes gewissermaßen aus dem Zentrum seiner Absorptionslinie heraus und wird der intensiveren Strahlung der äußeren Teile der Linie ausgesetzt. Es erhält eine Beschleunigung (infolge der Zunahme des Strahlungsdruckes), und es wäre denkbar, daß dieser Prozeß so weit fortschreitet, bis das Atom allmählich ganz aus der Absorptionslinie herauskommt und dann, dem vollen Strahlungsdruck des Kontinuums ausgesetzt, vom Stern fortgetrieben wird.

Die Emissionslinien. Gewisse Sterntypen zeigen außer den FRAUNHOFERschen Absorptionslinien noch ein Emissionsspektrum. Helle Linien beobachtet man vorwiegend in den Spektren der planetarischen Nebel, der mit diesen verwandten Wolf-Rayet-Sterne und der Novae einerseits und bei einigen „Roten Riesen", insbesondere den Übergiganten, andererseits. Die diffusen Gasnebel, die ebenfalls Emissionssprektren zeigen, interessieren uns hier nicht. Die hellen Linien treten also bei äußerst heterogenen Sterntypen auf und verdanken ihr Entstehen auch ganz verschiedenartigen Ursachen. Immerhin gilt die Regel, daß Emissionsspektren im allgemeinen bei Sternen mit sehr ausgedehnten Atmosphären zu erwarten sind. Diese Bedingung ist auch bei den oben angeführten Sterngruppen erfüllt. Während es sich aber bei der ersten Gruppe (planetarische Nebel, Wolf-Rayet-Sterne und Novae) um „frühe" Spektraltypen, also um Sterne mit verhältnismäßig hoher Oberflächentemperatur handelt, ist bei den „Roten Riesen" das Gegenteil der Fall. Wir besprechen im folgenden die frühen und späten Spektraltypen getrennt.

Unter den Objekten von frühem Spektraltypus mit hellen Linien liegen die Verhältnisse bei den planetarischen Nebeln am einfachsten. Bei diesen sind die Bedingungen für das Zustandekommen der Emissionslinien demzufolge auch am besten erforscht. Wir wollen daher mit ihnen beginnen.

Ein planetarischer Nebel besteht aus einem Zentralstern und einer Nebelhülle, die diesen nahezu kugelsymmetrisch umschließt. Letztere ist meist 4—5 Größenklassen heller als der Zentralstern. Die planetarischen Nebel senden ein typisches Emissionsspektrum auf schwach kontinuierlichem Grunde aus, worin die Balmer-Linien des Wasserstoffes und die beiden grünen Hauptnebellinien am stärksten hervortreten. Letztere, früher einem hypothetischen Element Nebulium zugeschrieben, sind von BOWEN als verbotene Linien des O^{++} erkannt worden. Das

Nebelspektrum erklärt sich nach der heute allgemein anerkannten Theorie von ZANSTRA folgendermaßen: Der sehr heiße Zentralstern sendet eine äußerst hochfrequente Strahlung aus, die die in der Gashülle vorkommenden Elemente zum größten Teil mehrfach ionisiert. Die Wiedervereinigung der losgetrennten Elektronen erfolgt entweder auf dem Grundniveau oder auf einem höheren Niveau. Das Ergebnis ist im ersteren Falle ein helles Kontinuum im äußersten Violett, das aber nicht beobachtbar ist. Im zweiten Falle muß das Elektron schließlich auch auf das Grundniveau herabfallen. Diese Übergänge sind mit der Aussendung der Emissionslinien verknüpft. Auf Grund dieser Theorie konnte ZANSTRA auch eine zwanglose Erklärung für den großen Helligkeitsunterschied zwischen Nebelhülle und Stern geben und hieraus gleichzeitig die Temperatur des letzteren zu 30000—50000° finden. Nicht in die Theorie einordnen ließen sich zunächst die dem Sauerstoff angehörigen Hauptnebellinien, deren Zustandekommen ganz unmögliche Temperaturen von über 100000° für den Zentralstern zu erfordern schien. Die richtige Erklärung gab BOWEN, der zeigen konnte, daß diese Linien ihr Entstehen nicht einem Wiedervereinigungsleuchten verdanken, sondern durch Stoßanregung der bei der Ionisation losgerissenen Elektronen hervorgerufen werden. Auch auf Grund dieser Hypothese ließ sich die Temperatur der Zentralsterne berechnen. Es besteht gute Übereinstimmung mit den von ZANSTRA aus der Stärke der Balmer-Linien erhaltenen Werten. Die planetarischen Nebel sind keine stabilen Gebilde, vielmehr bewegt sich die Nebelmaterie unter dem Einflusse des auf die Gasionen ausgeübten monochromatischen Strahlungsdruckes mit Geschwindigkeiten von 10 bis 20 km/sec nach auswärts. Die Geschwindigkeiten lassen sich aus der Struktur der Emissionslinien berechnen. Auch hier besteht Übereinstimmung zwischen den Beobachtungswerten und der von AMBARZUMIAM begründeten und von ZANSTRA ausgebauten Theorie. Die planetarischen Nebel dürften demzufolge nur eine Lebensdauer von wenigen Jahrzehntausenden haben.

Wenn man die Gashülle der planetarischen Nebel vielleicht auch nicht als Atmosphäre im strengen Sinne bezeichnen kann, so war es auf Grund der einfachen Zusammenhänge, die hier vorliegen, doch zweckmäßig, die Betrachtung mit diesen Objekten zu beginnen. Nächst den planetarischen Nebeln liegen die Verhältnisse bei den Wolf-Rayet-Sternen am einfachsten. Auch diese Objekte zeigen Emissionslinien auf kontinuierlichem Grunde. Auffällig ist die außerordentliche Breite der Emissionsbanden. Deutet man die Linienstruktur als Doppler-Effekt, so ergeben sich Geschwindigkeiten von über 1000 km/sec in der Sternatmosphäre; die Ausschleuderungsgeschwindigkeit ist also viel größer als bei den planetarischen Nebeln. Man muß sich daher fragen, ob in beiden Fällen die gleiche Deutung für das Entweichen des Gases zulässig ist. Wahrscheinlich müssen bei den Wolf-Rayet-Sternen außer dem Strahlungsdruck noch andere Kräfte wirksam sein, die eine Abstoßung der Gasatome von der Sternoberfläche verursachen. CHANDRASEKHAR hat neuerdings gezeigt, daß auf Grund der Struktur der Emissionslinien eine Entscheidung zwischen beiden Hypothesen möglich sein muß. Während nämlich die Geschwindigkeit von Gasteilchen, die unter dem Einfluß des Strahlungsdruckes stehen, nach außen zunimmt, tritt bei stoßweiser Abschleuderung an der Sternoberfläche in Abwesenheit des Strahlungsdruckes das Gegenteil ein. Die Emissionslinien zeigen in beiden Fällen einen verschiedenen Bau. In diesem Zusammenhange sei noch ein kurzes Wort über die Novae gesagt, die ja auf Grund des spektroskopischen Befundes den Wolf-Rayet-Sternen sehr nahe stehen. Auch hier zeigen die breiten Emissionslinien, daß Gasatome den Stern mit großen Geschwindigkeiten von 500—1000 km/sec verlassen. Für die Erklärung dieses Vorganges gilt das bei den Wolf-Rayet-Sternen bereits Gesagte.

Wesentlich andere Ursachen als bei den bisher besprochenen Sternen mit hohen Oberflächentemperaturen müssen bei den tief temperierten „Roten Riesen" angenommen werden. Bemerkenswert sind in diesem Zusammenhang die beiden von ganz verschiedenen Gesichtspunkten ausgehenden Theorien von ROSSELAND und WURM. ROSSELAND geht von dem in der Quantenmechanik vielfach angewandten Prinzip der Ausbalancierung der Elementarprozesse aus. Dieses Prinzip besagt, daß in einem im thermodynamischen Gleichgewicht befindlichen System jeder Prozeß in der einen Richtung ebenso häufig verläuft wie in der entgegengesetzten. Was das bedeutet, sei an einem Beispiel klargemacht: Ein Atom, das sich im Zustand I befindet, kann in den Zustand III gelangen und aus diesem über II wieder nach I. Das hier erwähnte Prinzip fordert nun, daß dieser Vorgang (I—III—II—I) ebenso häufig wie der inverse (I—II—III—I) stattfindet. Prozesse, die diesem Prinzip unterliegen, können weder zu Emissionen noch zu Absorptionen führen. Ist es aber verletzt, so treten notwendigerweise Emissionen auf, denen natürlich Absorptionen gegenüberstehen. Nun sind die Photosphären der Roten Riesen wegen der geringen Schwerebeschleunigung an der Oberfläche sehr ausgedehnt. In den äußeren Teilen der Atmosphäre entspricht die Intensität der Strahlung nicht mehr ihrer Zusammensetzung, kurz gesagt, es besteht kein thermodynamisches Gleichgewicht. Damit wird auch das „Prinzip der Kompensation bis ins Kleinste" ungültig, und die Voraussetzungen für das Auftreten von Emissionslinien sind gegeben. Von ganz anderen Überlegungen geht WURM aus. Er zeigt, daß diese Linien nicht durch normale Leuchtanregung zustande kommen, da die Intensitätsverteilung innerhalb der Spektralserien abnorm ist. Nach ihm kommt die Linienemission

durch Chemilumineszenz zustande, also durch Umsetzung chemischer Energie in Strahlung. Damit wäre zugleich auch erklärt, wieso diese Linien besonders bei langperiodischen Veränderlichen, also bei pulsierenden Sternen auftreten; denn durch die Pulsation werden chemische Umsetzungen begünstigt. Die Theorie von WURM kann als Spezialfall der ROSSELANDschen angesehen werden, denn nur dann, wenn kein thermodynamisches Gleichgewicht besteht, also in hohen Photosphären und bei pulsierenden Sternen, sind chemische Reaktionen mit Linienaussendung verbunden.

Die Sterne mit Emissionsspektren sind nicht die einzigen, die besondere Eigenarten in dem Bau ihrer Atmosphären zeigen. Durch die Entdeckung des Siriusbegleiters nämlich wurde die Wissenschaft auf einen besonderen, bis dahin unbekannten Sterntyp aufmerksam. Sterne dieser Art (weiße Zwerge) besitzen bei extrem hohen Dichten und verhältnismäßig hoher Oberflächentemperatur nur sehr geringe Leuchtkraft. Infolge der hohen Dichten, die das Millionenfache der des Wassers erreichen können, ist die Gravitation an der Oberfläche ungeheuer groß. Infolgedessen müßte in einer etwaigen Atmosphäre der Dichtegradient sehr groß und die Höhe der Atmosphäre entsprechend klein sein. So konnte man z. B. im Spektrum des kürzlich von KUIPER entdeckten weißen Zwerges auch tatsächlich keine Absorptionslinien feststellen. Demnach ist bei diesem Stern die Höhe der Atmosphäre praktisch Null. Bisher kennt man nur einige wenige weiße Zwerge, was aber nicht besagt, daß sie im Weltenraum nur selten vorkommen; vielmehr ist ihre Auffindung wegen der geringen Leuchtkraft mit besonderen Schwierigkeiten verbunden.

Wir sind damit am Schluß unserer Betrachtungen angelangt. Unsere Ausführungen können keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Zweck dieses Aufsatzes sollte vielmehr sein, den Leser in die Probleme einzuführen, mit denen es die Wissenschaft bei der Erforschung der Sternatmosphären zu tun hat. Es konnte infolgedessen im Rahmen dieser kurzen Übersicht über ein so umfangreiches Gebiet bei weitem nicht alles berücksichtigt werden, was in letzter Zeit darüber gearbeitet worden ist. Eine Zusammenstellung von Arbeiten, die diesem Aufsatz im wesentlichen zugrunde liegen, ist angefügt.

Literatur:

Einen allgemeinen Überblick geben: EDDINGTON, Der innere Aufbau der Sterne, S. 401. Berlin 1928. — MILNE, Thermodynamics of the Stars. Handb. d. Astrophysik 5/2, 65. — CHANDRASEKHAR, An analysis of the problem of the stellar atmospheres. RAJ. **11**, 550 (1934).

Die Photosphäre.

K. SCHWARZSCHILD, Göttinger Nachr. **1906**, 41. — MILNE, M. N. **81**, 361, 375 (1921) — Phil. Trans. A. **223**, 201 (1922). — LINDBLAD, Uppsala Univ. Aersskrift 1 (1920). — CHANDRASEKHAR, M. N. **94**, 444 (1934); **92**, 186 (1932).

Die umkehrende Schicht.

A. SCHUSTER, Astrophysic. J. **16**, 320 (1902). — FOWLER u. MILNE, M. N. **83**, 403 (1923); **84**, 499 (1924). — MILNE, M. N. **88**, 493 (1928); **89**, 3, 17, 157 (1928). — MILNE u. CHANDRASEKHAR, M. N. **92**, 150 (1932). — J. Q. STEWART, Astrophysic. J. **59**, 30 (1924). — A. UNSÖLD, Z. Physik **44**, 793 (1927). — A. S. EDDINGTON, M. N. **89**, 620 (1928). — H. N. RUSSELL, Astrophysic. J. **78** (1933). — H. H. PLASKETT, M. N. **91**, 870 (1931). — A. PANNEKOEK, M. N. **91**, 519 (1931).

Die Chromosphäre.

MILNE, M. N. **84**, 354 (1924); **85**, 111 (1924); **86**, 459 578 (1926). — CHANDRASEKHAR, M. N. **94**, 14, 726 (1934). — D. H. MENZEL, M. N. **91**, 628 (1931) — Lick Publ. 17.

Emissionslinien.

H. ZANSTRA, Astrophys. J. **65**, 50 (1927); Nature **121**, 790 (1928); Z. Astr. **2**, 1, 329 (1931); M. N. **95**, 84 (1934). — J. S. BOWEN, Physic. Rev. **29**, 231 (1927); Astrophys. J. **67**, 1 (1928). — V. A. AMBARZUMIAM, M. N. **93**, 50 (1932). — K. WURM, Z. Astr. **10**, 133 (1935).

Die Feststellung des Gehaltes eines Bodens an den für unsere Pflanzen aufnehmbaren Kali- und Phosphorsäuremengen.

Von EILH. ALFRED MITSCHERLICH, Königsberg i. Pr.

Seit uns LIEBIG lehrte, daß unsere Pflanzen zu ihrem Wachstum bestimmte Mengen an Nährstoffen benötigen, und daß sie diese aus dem Boden aufnehmen müssen, hat man naturgemäß sofort versucht, die Nährstoffmengen, welche ein Boden enthält, in diesem chemisch zu bestimmen, um so festzustellen, ob sie für die nächste Vegetation ausreichen oder ob der betreffende Boden damit versorgt, d. h. „gedüngt" werden muß.

Andererseits hat man auch natürlich feststellen können, daß eine derartige „Düngung" auf so manchem Boden eine ganz wesentliche Ertragssteigerung herbeizuführen vermag, was natürlich für unsere landwirtschaftliche Produktion unbedingt ausgenutzt werden muß.

Von den wichtigsten Pflanzennährstoffen: Stickstoff, Kali, Phosphorsäure und Kalk, ist der letztere als „Nährstoff" wohl in jedem Boden in genügenden Mengen vorhanden, so daß eine Bodenuntersuchung hierauf überflüssig erscheint; der erstere, der Stickstoff, fehlt dagegen in fast jedem Boden, so daß sich auch hier, da man weiß, daß man ihn ständig zu düngen hat, eine Bodenuntersuchung erübrigt. Dagegen muß man um so mehr Wert darauf legen, den Boden auf die in ihm für die Pflanze aufnehmbaren Kali- und Phosphorsäuremengen zu untersuchen; dieses Problem ist seit vielen Jahrzehnten auch bearbeitet worden.

Die große Schwierigkeit der Lösung dieser Aufgabe liegt keineswegs in der chemischen Analyse,

die wir hierfür voll und ganz beherrschen; sie beruht vielmehr in der „Nachahmung der biologischen Löslichmachung" dieser Nährstoffe durch einen physikalisch-chemischen Lösungsprozeß. Die Lösung dieses Problems ist uns bis heute leider nicht gelungen; vielleicht liegt der Grund darin, daß wir einen Vorgang, der in der Natur in Monaten vor sich geht, durch eine derartige „Schnellmethode" oder „Laboratoriumsmethode" auf Stunden zusammendrängen wollen, oder auch darin, daß das Verhältnis zwischen Boden und nährstofflösendem Agens in der Natur ein sehr enges, ständig wechselndes und sich erneuerndes ist, während wir uns im Laboratorium meist mit einem bestimmten weiteren Verhältnis zu begnügen pflegen.

Wie dem auch sei, so ist doch die Tatsache festzustellen, daß es unzählige derartige Methoden zur Bestimmung der „für die Pflanze aufnehmbaren Kali- und Phosphorsäuremengen" im Boden gibt, daß jeder, welcher eine derartige Methode ausarbeitete, von der Richtigkeit gerade seiner Ergebnisse und somit von dem Wert seiner Methode vollauf überzeugt ist, und daß doch all diese verschiedenen Methoden ganz verschiedene Ergebnisse zeitigen und zeitigen müssen!

Keine dieser zahlreichen Methoden wurde in ihren Ergebnissen auch je mit denen des Vegetationsversuches verglichen, obwohl das ja die Grundlage für jede einzelne Methode sein sollte; dagegen hatte man immer weitere Methoden ausgebaut und ihre Ergebnisse den Landwirten als sicher zutreffend hingestellt. Neben den rein chemischen Lösungsmethoden, zu denen man zunächst konzentrierte Salz- oder Salpetersäure verwandte und damit eine Menge an Kali und Phosphorsäure in Lösung brachte, die eine Pflanze nie aufnehmen konnte, deren Versuchsfehler aber so groß waren, daß eine gegebene Düngung bereits innerhalb dieser Fehlergrenzen lag, verwandte man später verdünnte Salz- und Salpetersäure, Zitronensäure, Milchsäure, Kohlensäure . . . als Lösungsmittel. Endlich suchte man auch die löslichen Kalimengen z. B. durch den Basenaustausch zu bestimmen, indem man den Boden mit Natrium- oder mit Ammoniumchloridlösung u. a. m. behandelte.

Neben diesen chemisch-physikalischen Methoden benützte man später auch mikrobiologische Methoden, indem man das Wachstum von Azotobakter chroococcum bzw. das von Aspergillus niger mit dem Gehalt des Bodens an Kali bzw. an Phosphorsäure in Verbindung brachte und die Entwicklung dieser Pilze bzw. ihre Mycelbildung in Gramm Trockensubstanz studierte, und endlich hat uns noch NEUBAUER eine Methode geschenkt, bei der die Löslichmachung von Kali und Phosphorsäure durch Keimpflanzen des Roggens erfolgt, worauf die Keimpflanzen alsdann auf die aufgenommenen Mengen an Kali und Phosphorsäure hin analysiert werden.

Was diesen ganzen sog. Laboratoriumsmethoden fehlt, ist, wie gesagt, der Zusammenhang mit der Höhe des Pflanzenertrages. Wenn auch die NEUBAUER-Methode insofern einen sichtbaren Fortschritt bedeutet, als sie die Pflanze selbst als lösendes Agens verwendet, so wird auch hier naturgemäß der ganze Lösungsprozeß auf eine sehr kurze Zeit zusammengedrängt und die Lösung selbst durch „Keimpflänzchen" bewirkt, die ganz wesentlich andere Ansprüche stellen als unsere „erwachsenen Pflanzen". Allerdings hat man vielfach die Ergebnisse der Laboratoriumsmethoden mit denen von Felddüngungsversuchen in Einklang zu bringen versucht; man übersah dabei aber stets, daß man ja auf dem Felde mit einem ganz anderen Bodenmaterial arbeitete als beim Laboratoriumsversuche, da zu letzterem der Boden aus der Krumenschicht entnommen wurde, bei ersterem aber die Pflanzen mit ihren Wurzeln in ganz verschiedene Bodentiefen, so auch in den Untergrund eindringen und gleichzeitig auch aus diesem ihren Nährstoffbedarf decken können!

Die Ergebnisse zur Vergleichung der Methoden können aber nur dann eine Übereinstimmung bzw. bestimmte Beziehung zueinander aufweisen, wenn sie genau mit dem gleichen Beobachtungsmaterial angestellt werden. Arbeiteten so die Laboratoriumsmethoden mit dem dem Felde entnommenen Krumenboden, so mußte auch die zum Vergleich herangezogene pflanzenphysiologische Methode ihre Ergebnisse durch Untersuchung des gleichen Bodenmaterials erzielen. Dies ist möglich, wenn man den betreffenden Krumenboden in Kulturgefäße einbringt und hierin die Pflanzen bis zur Reife wachsen läßt („Gefäßversuch").

Dieser Weg zu den erforderlichen vergleichenden pflanzenphysiologischen Versuchen wurde für die Laboratoriumsmethode erst frei, als im Königsberger Pflanzenbauinstitut der Gefäßversuch exakt ausgebaut wurde und als man mit Hilfe des Wirkungsgesetzes der Wachstumsfaktoren diejenigen Mengen an Kali und Phosphorsäure feststellen konnte, welche in der Tat *für den pflanzlichen Organismus ausnutzbar* sind. Erst von da ab war man in der Lage, den *gleichen* Boden sowohl nach einer dieser Laboratoriumsmethoden wie auch pflanzenphysiologisch zu untersuchen, indem man mit der gleichen Bodenprobe beide Untersuchungen ausführte.

Bei der Anstellung von Gefäßversuchen war dabei in allererster Linie darauf zu achten, daß wirklich nur *ein* Wachstumsfaktor, hier also entweder die Phosphorsäure oder das Kali, in verschieden hohen Gaben verabfolgt wurde, daß dagegen sämtliche anderen Wachstumsfaktoren, so die klimatischen ebenso wie die bodenkundlichen, während der ganzen Vegetationszeit gleichgestaltet werden mußten; denn nur dann konnte man den Einfluß *eines* Wachstumsfaktors auf den Ertrag *quantitativ* feststellen.

Das Problem veranlaßte uns, besondere Vegetationsgefäße zu bauen und besondere Vegetationsanlagen zu errichten, wie sie jetzt bereits in vielen Ländern der Erde Eingang gefunden haben. In

unserem Falle ist dabei in vierfacher Wiederholung z. B. die gleiche Bodenmenge je Gefäß zu verabfolgen; in dieser Bodenmenge sind alle erforderlichen Nährstoffe z. B. bis auf Kali zu geben; es sind die Gefäße unter ganz *gleichen* Bedingungen dem Klima auszusetzen und mit der *gleichen* Anzahl Körner der *gleichen* Haferzüchtung zur *gleichen* Zeit einzusäen; es ist der Wassergehalt des Bodens bei allen zu vergleichenden Gefäßen während der ganzen Vegetationszeit *konstant* zu halten, usf. Wenn wir dann z. B. bei den verschiedenen Gefäßen die Kaligaben in gesteigerten Mengen verabfolgen, so finden wir, daß der Zuwachs an Pflanzenertrag, den wir nach Abschluß der Vegetation in Gramm Trockensubstanz feststellen, „y", proportional dem an einem Höchstertrage „A" fehlenden Ertrage ($= c.\ (A-y)$) mit der Zufuhr an Kali „x" steigt; wobei der jeweilige Höchstertrag durch die Höhe aller anderen zunächst konstant gehaltenen Wachstumsfaktoren bedingt wird. Also: $dy/dx = c.\ (A-y)$.

Es hat sich dabei ergeben, daß der Wirkungsfaktor „c" für den einzelnen Wachstumsfaktor konstant ist; er verändert sich nur beim Wachstumsfaktor Wasser je nach den in dem Wasser jeweilig gelösten Nährstoffmengen und beim Wachstumsfaktor Kohlensäure je nach den den Pflanzen dabei zur Verfügung stehenden Lichtmengen. — Irgendwelche Ertragsdepressionen, die z. B. durch Überdüngung auftreten können, müssen hierbei vermieden werden, da sie nicht durch das obige Gesetz gefaßt werden!

Mit Hilfe dieses Gesetzes und dem z. B. für Kali gefundenen Wirkungsfaktor „c" läßt sich dann aus zwei Beobachtungen: der einen, wo wir dem Boden kein Kali zufügten, und der anderen, bei der wir derart große Mengen an Kali verabfolgten, daß wir den damit erreichbaren Höchstertrag „A" wirklich feststellen können, diejenige Menge an Kali bestimmen, welche in aufnehmbarer Form für die Pflanzen im ungedüngten Boden in der Vegetationszeit zur Verfügung stand. Bezeichnen wir z. B. den Ertrag des nicht mit Kali versehenen Bodens mit „a" und den des mit Volldüngung an Kali versehenen Bodens mit „A", so ist die für die Pflanze im ungedüngten Boden verfügbare Kalimenge „b" nach der obigen Gleichung

$$b = [\log A - \log (A - a)] : c.$$

Da nun das Königsberger Pflanzenbauinstitut und die Mitscherlichgesellschaft e. V., Königsberg in Ostpreußen, über ca. 25000 Kulturgefäße verfügen und damit allein in der Lage waren, die für viele verschiedene Bodenarten erforderlichen pflanzenphysiologischen Untersuchungen auszuführen, wurde auf der gemeinsamen Konferenz der II., III. und IV. Kommission der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft in Kopenhagen im August 1933 beschlossen, daß diese Untersuchungen für eine große Reihe der verschiedensten Bodenarten hier ausgeführt werden sollten, und daß Proben dieser Böden an alle die Stationen des In- und Auslandes versandt werden sollten, welche über irgendeine derartige Laboratoriumsmethode verfügen, damit endlich der Wert aller dieser Methoden pflanzenphysiologisch ermittelt würde.

Dank der Deutschen Forschungsgemeinschaft ist diese Arbeit großzügig aufgenommen worden. Es wurden zunächst 120 Bodenarten, von denen 50 aus dem Auslande, 50 aus Ostpreußen und 20 aus dem übrigen Deutschland stammten, durch den Gefäßversuch untersucht und die erforderlichen Proben versandt. Die Ergebnisse sind bereits von einer Reihe der Mitarbeiter eingereicht worden; viele stehen aber noch aus. Trotzdem hoffen wir, bald allen Mitarbeitern eine Zusammenstellung aller Ergebnisse von vielleicht 50 Methoden zusenden zu können und sie dann Mitte Juli zu der Besprechung unserer internationalen Gemeinschaftsarbeit nach Königsberg zu laden, um hier endgültig über den Fortgang der Arbeiten zu beraten.

Voraussichtlich werden wir dann die Laboratoriumsmethoden, welche mit dem pflanzenphysiologischen Versuche die beste Übereinstimmung aufweisen, noch an weiteren tausend verschiedenen Bodenarten erproben, um die Grenze ihrer Zulässigkeit mit möglichster Sicherheit festzustellen. Es wäre dann möglich, die betreffende Schnellmethode innerhalb dieser Grenzen für praktisch-landwirtschaftliche Zwecke zu benutzen und nur in den unsicher bleibenden Fällen den Gefäßversuch selbst zur Untersuchung heranzuziehen, der ja längere Zeit in Anspruch nimmt, andere Einrichtungen benötigt als eine Laboratoriumsmethode und nur aus diesen Gründen nicht die Verbreitung bislang finden konnte, die ihm gebührt, denn er ist die einzige Methode, welche uns auf *pflanzenphysiologischem* Wege das Ergebnis zeitigt, welches wir für unseren Boden bzw. für unsere Pflanzen, die auf diesem Boden wachsen sollen, benötigen!

Sollten wir eine Laboratoriumsmethode finden, welche schon in 75 % aller Fälle Sicherheit über das Düngerbedürfnis eines Bodens, wenigstens qualitativ, ergibt, so werden wir dann doch für die übrigen 25 % aller Fälle auf den Gefäßversuch zurückgreifen müssen, mit dem wir in Ostpreußen glänzende Erfolge erzielt haben, für den im Auslande allenthalben immer mehr Stationen errichtet werden und der nur im übrigen Deutschen Reiche aus mir unerklärlichen Gründen bislang schwer Eingang finden konnte.

Zur Frage der objektiven Wünschelrutenkontrolle mit magnetometrischen Apparaten.

Von R. Bock, Potsdam.

Die Frage der Wünschelrute ist bisher in den folgenden Beiträgen behandelt worden: E. Haschek (Wien) und K. F. Herzfeld (München), Ein Beitrag zur physikalischen Erklärung des Wünschelrutenproblems **9**, 1029 (1921); Mitteilung von P. G. Krause, Zur Wünschelrutenfrage **10**, 233 (1922); W. Gerlach (München), Zum Problem der Wünschelrute **20**, 883 (1932). Nun vertritt in einer im Herold-Verlag München erschienenen Denkschrift, die den in der Überschrift wiedergegebenen Titel trägt, Herr Oberstudienrat Dr. August Wendler in Erlangen die Ansicht, daß es möglich sei, von Wünschelrutengängern bezeichnete „Reizstellen" nachträglich durch Apparate objektiv festzustellen, und versucht, diese Ansicht durch Angabe von Beobachtungsergebnissen zu belegen. Die kritische Betrachtung der verwendeten Apparate, der mitgeteilten Ergebnisse und ihrer Deutung führt aber zu dem Schluß, daß den Angaben der Apparate keine reellen Ursachen zugrunde liegen können.

Für die Versuche werden zwei Apparate verwendet, das in „gewissen physikalischen Fachkreisen noch umstrittene Gerameter" und der Doppelkompaß.

Das „Gerameter" besteht in seinem Hauptteil aus einem Aluminiumkasten, auf dessen Deckel eine Bussole befestigt ist, deren Nadel in der Nullstellung über der längeren Mittellinie des Deckels liegt. In dem Innern des Kastens befindet sich eine Spule mit senkrechter Achse und einem Durchmesser von 85 mm. Die Spule steht unsymmetrisch zu den beiden senkrechten Mittelebenen des Kastens. Wird die Spule mit Strom beschickt, so erfährt die horizontale Bussolennadel wegen der unsymmetrischen Stellung der Spule eine Ablenkung. Neben der hauptsächlich erzeugten vertikalen Komponente, die keine sachliche Bedeutung hat, sondern nur fehlerhaft wirkt, entstehen an den Enden der Spule verhältnismäßig geringe horizontale magnetische Feldstärken, die von der Peripherie der Spulenenden radial nach allen Seiten ausstrahlen. Am Ort der 48 mm langen Bussolennadel, deren Drehpunkt sich angenähert über der Peripherie der Spule befindet, aber 4 mm seitlich des Durchmessers, der bei der Ausgangsstellung mit dem magnetischen Meridian zusammenfallen soll, erzeugen alle diese divergenten Kräfte zwei Komponenten, von denen die eine die Nadel aus der Meridianlage ablenkt, die andere die horizontale Komponente des erdmagnetischen Feldes schwächt. Durch diese Schwächung wird die Empfindlichkeit des Instruments gegenüber einer üblichen Tangentenbussole gesteigert. Die Nadel befindet sich mithin in dem Bereich der Spule, in dem das erzeugte Feld außerordentlich inhomogen ist, in einem Bereich, der bei einem einwandfreien Instrument sonst möglichst gemieden wird. Es erübrigt sich, hier theoretische Betrachtungen über die Empfindlichkeit anzustellen, da die Verhältnisse für ein rechnerisches Erfassen so ungünstig wie nur möglich liegen. Auch der Verfasser der Schrift geht auf die Erörterung der theoretischen Grundlagen nur kursorisch ein; statt des Gerameters erörtert er eine andere Anordnung, nämlich eine horizontale Spule mit einer in ihrem Innern befindlichen Nadel. Die hierzu angegebenen Formeln sollen sinngemäß auf das Gerameter angewendet werden. Daß eine Betrachtung, aus Schwingungsbeobachtungen die Empfindlichkeit zu bestimmen, unverständlich bleibt, ist bedeutungslos, da ihre Anwendung beim Gerameter kein Ergebnis zeitigen würde. „Auf alle Fälle hat das Gerameter die Empfindlichkeit, die für die Anstellung unserer Wünschelrutenkontrollversuche genügt", so schreibt der Verfasser und zieht somit aus dem subjektiven Vergleich der eigenartigsten Kurven mit der subjektiven Wünschelrutenreaktion den Schluß auf die äußere Ursächlichkeit seiner Beobachtungsergebnisse.

Das zweite Instrument ist der sog. Doppelkompaß, der in seinem Prinzip auch sonst vielfach Anwendung findet. Zwei Magnetnadeln sind so übereinander angeordnet, daß sich ihre Unterstützungs-, also ihre Drehpunkte, in derselben Vertikalen befinden. Unter dem gegenseitigen Einfluß der Nadeln und unter der Einwirkung der Horizontalkomponente des magnetischen Erdfeldes bilden die durch die Nadeln gedachten Vertikalebenen einen Winkel, den sog. Spreizwinkel, der bei unveränderter Entfernung und ungeänderten Momenten der Nadeln mit den Variationen der magnetischen Horizontalintensität variiert. Für die Abhängigkeit des Spreizwinkels werden in der Schrift die Formeln angegeben, ohne daß auf die zahlenmäßige Größe der Abhängigkeit eingegangen wird. Da der Doppelkompaß als das allgemein anerkannte Instrument in den Vordergrund der Betrachtungen gestellt wird, seien hier die Werte angegeben, die die Denkschrift vermissen läßt.

Tabelle 1.

Mittlerer Spreizwinkel beim Doppelkompaß	Horizontalkomponente der erdmagnetischen Kraft 0,18 Γ	0,19 Γ	0,20 Γ
	Änderung des Spreizwinkels um 1° — Änderung der Horizontalkomponente der erdmagnetischen Kraft um . . . γ (. . . $10^{-5}\,\Gamma$)		
0°	0 γ	0 γ	0 γ
5	7	7	8
10	14	15	15
15	21	22	23
20	28	29	31
25	35	37	39
30	42	44	47
35	49	52	55
40	57	60	64
45	65	69	73
50	73	77	82
55	82	86	91
60	91	96	101
65	100	106	111
70	110	116	122
75	120	127	134
80	132	139	147
85	144	152	160
90	157	166	175

Die Berücksichtigung der Ablenkungsfunktion, die von der Form der Nadeln oder Rosen abhängt, würde die Werte der Tabelle nur unwesentlich ändern. Allgemein ergibt aber die Praxis beim Arbeiten mit dem Doppelkompaß, daß ein kleiner Spreizwinkel sehr unsichere Werte liefert und daß trotz der geringeren Empfindlichkeit die besten Ergebnisse mit Spreizwinkeln von 50 bis 150° erhalten werden. Der Doppelkompaß wird überhaupt sonst nur dort verwendet, wo äußere Umstände, wie z. B. die Schwankungen eines Schiffes, dazu zwingen. Für Beobachtungen auf festem Untergrund stehen eine Reihe anderer Instrumente zur Verfügung, die dem Doppelkompaß erheblich überlegen sind.

Nimmt der Verfasser oder Herr Forstmeister Kelber in Abständen von höchstens einem halben Meter eine von einem Rutengänger erfolgreich begangene Strecke mit dem Gerameter oder Doppelkompaß oder mit beiden Instrumenten messend auf, so erfolgen Änderungen des Ablenkungs- oder Spreizwinkels, denen ein Zusammenhang mit den Wünschelrutenreaktionen zugeschrieben wird.

Aus dem Zusammentreffen der Ausschlagsänderungen und der Wünschelrutenausschläge wird auf die reelle Ursächlichkeit der Phänomene geschlossen. Zahlreiche Beispiele werden für diese These in Kurvenform angegeben; allen ist gemeinsam, daß vorher ein Wünschelrutengänger die „Reizstellen" feststellt, an denen dann die Instrumente die erwarteten Ausschlagsänderungen zeigen. Die Instrumente weisen aber Eigentümlichkeiten auf, wie sie sonst bei magnetometrischen Apparaten nicht vorkommen. Daß in der Nähe von Eisenplatten und Eisenträgern Winkeländerungen auftreten, ist selbstverständlich; die darüber stets nur qualitativ angestellten, umfangreichen Versuche beweisen noch nicht, daß auch alle anderen großen und kleinen Schwankungen, aus denen die wiedergegebenen Kurven überhaupt nur bestehen, Wirkungen der Außenwelt anzeigen. Für die Beurteilung in dieser Richtung sind aber zwei Kurven (Tafel XIV, Fig. 60, 61) wertvoll, die Beobachtungen mit dem Gerameter darstellen, das während einiger Stunden unverändert an einer Stelle stand und daher nur die zeitlichen Variationen der erdmagnetischen Horizontalkomponente hätte angeben dürfen. Die den Figuren entnommenen, vom Verfasser auf den Doppelkompaß reduzierten Winkel, ihre Abweichungen vom Mittelwert, die daraus nach Tabelle 1 sich ergebenden Variationen im absoluten Maß ($1\,\gamma = 1\,\Gamma \cdot 10^{-5}$) sind den gleichzeitigen im Adolf Schmidt-Observatorium gewonnenen Werten in Tabelle 2 gegenübergestellt.

Tabelle 2.

9. Dez. 1933	Auf Doppelkompaß reduzierte Ablesungen Grad	Abweichungen gegen das Mittel Grad	Δ H (γ) (nach Spalte 3) γ	Δ H (γ) tatsächlich γ	15. Dez. 1933	Auf Doppelkompaß reduzierte Ablesungen Grad	Abweichungen gegen das Mittel Grad	Δ H (γ) (nach Spalte 3) γ	Δ H (γ) tatsächlich γ
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
15^h 0	31,4	0,0	0	0	9^h30	35,0	−1,6	+ 90	+ 6
5	29,6	−1,8	+ **79**	0	35	36,0	−0,6	+ 33	+ 5
10	31,0	−0,4	+ 18	+ 2	40	36,3	−0,3	+ 17	+ 2
15	32,0	+0,6	− 26	+ 3	45	36,6	0,0	0	0
20	31,8	+0,4	− 18	+ 4	50	37,0	+0,4	− 22	+ 2
25	31,8	+0,4	− 18	+ 6	55	37,2	+0,6	− 33	0
30	31,0	−0,4	+ 18	+ 7	10^h 0	37,8	+1,2	− 67	− 3
35	30,5	−0,9	+ 40	+ 7	5	37,7	+1,1	− 62	− 3
40	31,2	−0,2	+ 9	+ 9	10	37,6	+1,0	− 56	− 4
45	31,2	−0,2	+ 9	+ 9	15	37,4	+0,8	− 44	− 2
50	31,2	−0,2	+ 9	+ 9	20	36,6	0,0	0	0
55	30,6	−0,8	+ 35	+10	25	36,0	−0,6	+ 33	− 4
16^h 0	31,3	−0,1	+ 4	+11	30	36,1	−0,5	+ 28	− 3
5	31,4	0,0	0	+11	35	36,2	−0,4	+ 22	− 3
10	32,2	+0,8	− 35	+10	40	36,8	+0,2	− 11	− 3
15	30,7	−0,7	+ 31	+10	45	36,0	−0,6	+ 33	− 2
20	33,9	**+2,5**	**−110**	+10	50	36,6	0,0	0	0
25	32,0	+0,6	− 26	+11	55	35,4	−1,2	+ 67	0
30	32,2	+0,8	− 35	+10	11^h 0	34,4	−2,2	+122	+ 1
Mittel:	31,4				5	33,0	**−3,6**	**+200**	− 1
	Höchstwert	+2,5	−110		10	36,4	−0,2	+ 11	− 2
	Tiefstwert	−1,8	+ 79		15	35,6	−1,0	+ 56	− 1
		Amplitude:	189	10	20	35,2	−1,4	+ 78	− 2
					25	34,8	−1,8	+100	− 2
					30	36,0	−0,6	+ 33	− 5
					35	37,0	+0,4	− 22	− 7
					40	37,6	+1,0	− 56	−12
					45	38,2	+1,6	− 90	−10
					50	38,8	+2,2	−122	−10
					55	40,6	**+4,0**	**−224**	−10
					12^h 0	39,0	+2,4	−134	−10
					Mittel:	36,6			
						Höchstwert	−3,6	+200	
						Tiefstwert	+4,0	−224	
							Amplitude:	424	9

Diese Werte, die an magnetisch so ruhigen Tagen wie in diesem Falle für ganz Mitteleuropa maßgebend sind und mit den Ergebnissen der anderen Observatorien übereinstimmen, zeigen auch nicht die geringste Übereinstimmung mit den Erlanger Beobachtungen. Der Vergleich läßt nur den Schluß zu, daß die starken Ausschlagsänderungen, die nicht hätten auftreten dürfen, Zufälligkeiten bei der Einstellung sind. Hiermit ist die Frage des Verfassers nach einer Erklärung „der Schwankungen von 7 Doppelkompaßgraden" beantwortet, sie können also nur apparateigen sein, da die Außenwelt keine Veranlassung für irgendwelche Schwankungen gegeben hat. Es sind noch einige „Zeitkurven" dargestellt, jedoch sind Daten und Zeitangaben stets so unvollständig, daß eine Gegenüber-

stellung der beobachteten und tatsächlichen Werte ohne weiteres nicht möglich ist. In der Fig. 62c (Tafel XIV) fehlt die Angabe des Jahres. Zwischen einem 18. Februar 17^h und einem 21. Februar 8^h hat sich der Spreizwinkel des Doppelkompasses bei einem mittleren Winkel von 38° um 5,6° verringert, um dann bis zu einem 22. Februar 15^h um 3,6° zu steigen. Die gemessenen Werte in absoluten Einheiten und die tatsächlichen Verhältnisse für die Jahre 1934, 1935 und 1936 sind in Tabelle 3 gegenübergestellt, die in keinem der drei Jahre auch nur eine angenäherte Übereinstimmung aufweist.

Tabelle 3.

	Differenz des Spreizwinkels	Differenz in $\gamma(\Gamma \cdot 10^{-5})$	Tatsächliche Differenz 1934	1935	1936
18. 2. 17^h / 21. 2. 8^h	−5,6°	+319 γ	+10 γ	+21 γ	+18 γ
22. 2. 15^h	+3,0°	−205 γ	− 9 γ	−25 γ	−62 γ

In Fig. 62a und 62b fehlen die Angaben der Stunden. Die größte Differenz von 3,4° bei einem mittleren Spreizwinkel von 28° entspricht 136 γ (Fig. 62b). Die Amplitude während des ganzen Tages (25. Dezember 1935) betrug überhaupt nur 66 γ.

Es werden also nicht einmal bei stationärer Aufstellung die tatsächlichen Verhältnisse erfaßt; den Messungen im Gelände ist demnach erst recht kein Vertrauen zu schenken. Es mutet auch eigenartig an, daß stets nur von einer qualitativen Reproduzierbarkeit gesprochen wird, während jedes einwandfreie Instrument auch eine quantitative Reproduzierbarkeit gestatten müßte.

Auf Seite 47 betont der Verfasser, daß infolge der nicht ganz scharf zu kontrollierenden Stromhaltung das Gerameter immer „etliche Grade" Unsicherheit besitzt; an anderen Stellen wird aber etlichen Graden eine Bedeutung beigelegt, die ein Unbefangener aus den Kurven nicht herauslesen würde. Aber wie kann von einer objektiven Kontrolle überhaupt gesprochen werden, wenn „es Sache des Beobachters ist, den Befund angemessen zu deuten, was ohne längere Erfahrung einfach unmöglich ist" (S. 26), wenn „die Schwierigkeiten ja erst bei der Deutung beginnen, da die Apparate selbst, voran der Doppelkompaß, nur das Rohmaterial liefern" (S. 30)!

Wie der Zweifel an den reellen Ursachen der eigenartigen Schwankungen immer wieder hervorgehoben werden muß, so muß auch ihre Deutung Bedenken erregen, wenn die Erklärungen des Verfassers über die erdmagnetischen Erscheinungen überhaupt betrachtet werden.

An einigen Stellen der Broschüre wird ein unmittelbarer Zusammenhang der erdmagnetischen Variationen mit dem Wetter abgelehnt, aber doch ein Einfluß des Durchgangs von Kalt- und Warmfronten angenommen (S. 22): es wird behauptet, daß die Instrumente in unbestechlicher Weise die durch luft- und erdelektrische Einflüsse bedingten Erdstromverhältnisse anzeigen (S. 22, 23), während die Erdströme in Wirklichkeit nur mit den erdmagnetischen Variationen in Zusammenhang zu bringen sind; es wird schwachen und entfernten Gewittern eine starke und lang dauernde magnetische Einwirkung zugeschrieben (S. 42). Es wird empfohlen, die Messungen bei konstanter Wetterlage auszuführen (S. 42), da an den Erlanger Instrumenten bei bestimmten Wetterlagen nicht unerhebliche zeitliche Schwankungen nachgewiesen werden konnten

Und hierin liegt der Kern der „Streitfrage": Ein anderes magnetisches Instrument würde nicht die erheblichen unbegründeten Schwankungen zeigen, es würde nicht Ausschlagsänderungen aufweisen, wenn keine Änderungen des magnetischen Feldes vorliegen, es würde z. B. nicht die Nähe von Türschwellen oder starken Baumwurzeln verraten, es würde eben nur die magnetischen Verhältnisse einwandfrei wiedergeben. Ein tatsächlich durchgeführter Vergleich zwischen den Angaben des Gerameters und einer Schmidtschen Horizontalfeldwaage, der in der Schrift an mehreren Stellen ungerechtfertigt kritisiert wird, hat dies erwiesen. In vollkommen ungestörtem Gelände in der Nähe des Adolf Schmidt-Observatoriums Niemegk zeigte das Gerameter eine größte Differenz von 8°, in diesem Falle von 480 γ, während die Horizontalwaage als maximale Differenz auf derselben Meßstrecke 17 γ ergab und auch dem Gange nach nicht einmal eine angenäherte Übereinstimmung mit den hin- und hergehenden Angaben des Gerameters aufwies.

Würde ein Doppelkompaß des Observatoriums so unmotivierte Änderungen des Spreizwinkels zeigen, dann würde er keine Verwendung bei Messungen finden und als unbrauchbar bezeichnet werden. *Der* Doppelkompaß, bei dem nicht nur „magnetisches Kräftespiel, sondern eine gewisse, sonst bei Magnetometern in diesem Maße nicht beobachtete Abhängigkeit von meteorologischen Faktoren die Schwankungen hervorruft" (S. 48), kann nicht zu den magneto*metrischen* Instrumenten gerechnet werden, denn der *Doppelkompaß* zeigt einzig und allein die Variationen des horizontalen Magnetfeldes an und reagiert weder auf das Wetter noch auf Wasser, mag es fließen oder ruhen, ohne Rücksicht auf vorher erfolgte oder ausgebliebene Wünschelrutenreaktion. Auch das Gerameter verdient nicht die Bezeichnung eines magneto*metrischen* Apparates, da es in stärkerem Maße die Schwankungen des Stroms anzeigt, der das künstliche Feld erzeugt, dessen Stärke mindestens auf $1\,^0/_{00}$ kontrolliert werden müßte, was mit dem kleinen Meßinstrument auch nicht angenähert möglich ist, das „Gerameter", bei dem gerade die Verhältnisse bevorzugt werden, die wegen ihrer bekannten Fehlerhaftigkeit sonst möglichst vermieden werden.

Es erübrigt sich, auf die vom Verfasser behandelten Objekte näher einzugehen. Ein „Experimentierwasserlauf" im Hof der Erlanger Oberrealschule, eine vermutete, vielleicht „mit Erdbeben zusammenhängende Besonderheit", Untergrundströme, eine Wasserader, über der eine Katze „instinktiv Heilung sucht" u. a. werden mit Wünschelrute und den beiden Instrumenten „festgestellt", und es wird daher auf ihre Existenz geschlossen, ohne daß ihr tatsächliches Vorhandensein nachgewiesen wird. Bekannte Objekte, wie Wasserstollen, Brucker Eisensäuerling, kleine Höhlen, lassen die vom Verfasser erwarteten Reaktionen eintreten.

Aber die Versuche überzeugen alle nicht, denn in keinem Falle ist ein vorher „festgestelltes", noch unbekanntes Vorkommen später tatsächlich nachgewiesen, und somit ist kein Fall angegeben, der die Behauptung der Verminderung des Bohrrisikos gerechtfertigt erscheinen läßt.

Die Instrumente verdienen nicht die Bezeichnung „magnetometrisch", die Methoden, die Beobachtungen und ihre Deutung nicht das Attribut „objektiv". Ergebnisse, die irgendeinen Wert besitzen, sind nicht erzielt. Die Denkschrift verfehlt daher gänzlich ihr Ziel, die Wünschelrutenausschläge objektiv nachzuweisen.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.
Die Herausgeber bitten, 1. im Manuskript der *kurzen Originalmitteilungen* oder in einem Begleitschreiben die Notwendigkeit einer baldigen Veröffentlichung an dieser Stelle zu *begründen*, 2. die Mitteilungen auf einen Umfang von höchstens einer Druckspalte zu beschränken.

Beitrag zur Absorptionsanalyse der Hoffmannschen Stöße.

Um zu erkunden, ob in den HOFFMANNschen Stößen weiche Strahlen enthalten sind, haben wir einen neuen Registrierapparat mit kontinuierlich laufenden Papierspulen konstruiert. Der Apparat ist dem bei früheren Untersuchungen[1] benutzten ähnlich.

Bei der Konstruktion wurde angestrebt:

1. möglichst schnelle und präzise Registrierung der Stöße,
2. daß auch weiche Strahlen in die Ionisierungskammer eindringen,
3. daß die von den Kammerwänden herrührenden Stöße möglichst nicht registriert werden.

Ad 1. Das verbesserte Vakuumelektrometer hatte über dem ganzen benutzten Felde eine nahezu konstante Empfindlichkeit und eine Schwingungszeit von etwa $^1/_{10}$ sec. Außerdem war die Kammer mit Sauerstoff von 5 Atm anstatt der früheren 7 Atm gefüllt, und die Ionisierungsspannung betrug 1500 Volt statt 1200 Volt. Die Sammel- und Registrierzeit der Stöße ist dadurch auf weniger als 1 sec herabgedrückt.

Ad 2. Die Kammer ist oben mit 0,2 mm Zelluloid, gestützt durch 3 mm perforiertes Eisenblech, geschlossen; die Löcher der Eisenplatte betragen ungefähr $^2/_3$ der Oberfläche.

Ad 3. Der Durchmesser der Ionisierungskammer ist auf 60 cm erhöht, während der Durchmesser des wirksamen Ionisierungsvolumens 30 cm beträgt. Unter der Voraussetzung, daß die meisten Stöße senkrecht verlaufen, ist die Wahrscheinlichkeit der Registrierung von Stößen vom eisernen Zylinder der Kammer infolgedessen beträchtlich verringert.

Fig. 1 zeigt einen Abschnitt eines Registrierstreifens. Die beiden dunklen Striche markieren eine Erdung, die jede zweite Minute erfolgt. Zeitmarken werden jede zweite Sekunde durch Abblendung des Lichtes notiert. Ferner wird die Ladungsempfindlichkeit dadurch automatisch registriert, daß das isolierte System kurz vor der Erdung eine Influenzladung von je $4{,}02 \cdot 10^6$ Elementarquanten erhält. Aus der Aufnahme erhellt, daß der Elektrometerdraht kurz vor der untersten Erdung 37 mm nach rechts gerückt ist, um etwa $^1/_3$ sec danach geerdet zu werden. Diese Influenzmarke (markiert durch den Pfeil unten) gestattet auch, die Größe von Stößen zu beurteilen, die so weit über das Papier hinausgehen, daß die Influenzmarke miteinbezogen wird. Auf der Figur sind bei A und B zwei Stöße von 0,8 bzw. $1{,}2 \cdot 10^6$ Ionenpaaren zu sehen. Die Registrierungen wurden im Keller des hiesigen Institutes mit den in Tabelle 1 verzeichneten Materialien ausgeführt, die über der Kammer in der Reihenfolge der Kolonnen untereinander angeordnet waren.

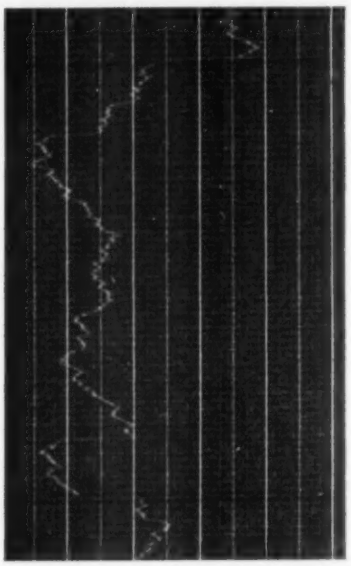

Fig. 1.

Tabelle 1.

Absorbierende Körper	Keine	2,0 cm Pb	2,6 cm Pb	5 cm Pb	2,0 cm Pb 1,2 cm Al	2,0 cm Pb 2,25 cm Al	2,0 cm Pb 2,25 cm Al 0,6 cm Pb	2,0 cm Pb 2,25 cm Al 1,5 cm Pb
Registrierzeit in Stunden .	74,0	68,0	53,2	56,9	73,5	82,5	67,5	66,0
Stoßzahl je Stunde . . .	0,34	0,66	0,60	0,44	$0{,}50_5$	$0{,}43_5$	0,77	$0{,}60_5$

Fig. 2 zeigt die Anzahl Stöße über $0{,}75 \cdot 10^6$ Ionenpaare[2] als Funktion der Bleidicke, wobei die Dicke des Aluminiums dergestalt aufgetragen ist, daß der gleiche Abstand auf der Abszisse die gleiche Anzahl Elektronen bedeutet. Der als Quadratwurzel der Anzahl Stöße bestimmte Mittelfehler ist als senkrechter Strich durch die Punkte wiedergegeben. Die stark ausgezogene Linie deutet die Übergangskurve Luft-Blei an in Übereinstimmung mit CARMICHAEL[1]. Wenn man bei 2 cm Blei mit einer Übergangskurve zum Aluminium beginnt, sinkt die Stoßanzahl beträchtlich, um bei der Rückkehr zum Blei schnell wieder auf ihren normalen Wert oder darüber zurückzugelangen.

Es wäre denkbar, daß ein solcher Effekt daraus zu erklären wäre, daß bei einem HOFFMANNschen Stoß eine erhebliche Anzahl (ionisierender oder nicht ionisierender, oder beiderlei) Strahlen produziert würde. Diese produzieren auf ihrem weiteren Weg durch Blei mehrere weichere Strahlen[3], die ihrerseits wesentlich zur Ionisation beitragen. Wird das Aluminium unter dem Blei angeordnet, so werden die weichen Strahlen absorbiert, und da nur wenige ionisierende Strahlen im Aluminium produziert werden, sinkt die Stoßzahl schnell ab[3]. Sehr auffallend ist, daß beim weiteren Durch-

[1] J. BØGGILD, Naturwiss. **23**, 372, 738 (1935); **24**, 280 (1936).

[2] Die Aufnahmen zeigen viele kleinere Stöße, die Grenze wurde aber hier gesetzt, um Stöße von zweifelhafter Größe auszuschließen.

[1] H. CARMICHAEL, Proc. roy. Soc. Lond. **154**, 223 (1936).

[2] Nach einer jüngst von HEISENBERG aufgestellten Theorie, die er in einem im Juni 1936 in Kopenhagen gehaltenen Vortrag unterbreitete, kann jede genügend energiehaltige Partikel bei einem Zusammenstoß, namentlich mit einem Kern von hoher Atomnummer, Schauer von weniger energiehaltigen Partikeln hervorrufen.

[3] Ein ähnliches Verhalten wurde von WOODWARD bei Zählröhrenkoinzidenzen beobachtet [R. H. WOODWARD, Physic. Rev. **49**, 711 (1936)]. Auch ANDERSON u. Mitarbeiter [C. D. ANDERSON, R. A. MILLIKAN, S. NEDDERMEYER and

tritt durch eine unter dem Aluminium befindliche Bleiplatte infolge der Neubildung weiterer Strahlen ein schleuniger Anstieg der Stoßzahl sich vollzieht, und mit mehr Blei erhält

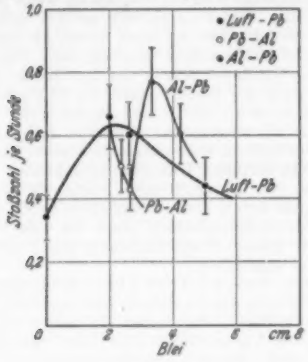

Fig. 2.

man eine charakteristische Übergangskurve, die offenbar höher als die Übergangskurve Luft-Blei liegt.

Kopenhagen, Biophysikalisches Institut der Universität, den 6. Juli 1936. J. Bøggild. A. Karkov.

Quellungsdruck und van der Waalssche Kraft.

Nach Freundlich und Posnjak[1] steht der Quellungsdruck p und das spezifische Quellungsvolumen s (das Volumen in Litern, zu dem 1 g Substanz aufgequollen ist) in der einfachen Beziehung

$$p = k\,s^{-\nu} \qquad (1)$$

mit k und ν als Konstanten. Wie ich nachweisen konnte[2], gilt die gleiche Beziehung mit den gleichen Konstanten zwischen dem spezifischen Kovolumen (das deshalb ebenfalls mit s bezeichnet sei) und dem osmotischen Druck einer Lösung. Die starke Abhängigkeit der Konstanten k und ν vom Lösungsmittel, ihre Unabhängigkeit vom Molekulargewicht des Gelösten und ihre Unabhängigkeit bzw. geringe negative Abhängigkeit von der Temperatur machen es sehr wahrscheinlich, daß die Quellung und damit auch das Kovolumen in den Lösungen vorwiegend durch die Wirkung van der Waalsscher Kräfte zwischen Gelöstem und Lösungsmittel zustande kommen.

Setzt man diese voraus, so lassen sich aus den gemessenen Quellungsdrucken bzw. osmotischen Drucken diese Kräfte berechnen. Im folgenden sei kurz angedeutet, wie man in erster Näherung zu einem quantitativen Kraftansatz kommen kann. Wir bezeichnen als *Solvatationspotential* im Abstand r die Arbeit, die dazu nötig ist, ein Lösungsmittelmolekül aus diesem Abstand von einem gelösten (bzw. „gequollenen") Molekül in unendliche Entfernung zu bringen, bei gleichzeitiger entsprechender Annäherung der Moleküle der gelösten (bzw. gequollenen) Substanz. Es handelt sich also um eine Differenzarbeit. Bei Fadenmolekülen besteht zwischen s und dem Durchmesser der „Solvathülle" r aus geometrischen Gründen die Beziehung

$$N_L \cdot 2\pi r^2 l = 1000\,Ms \qquad (2)$$

(M = Molekulargewicht, l = Länge der gelösten Moleküle, p kann hier einen Quellungsdruck oder einen osmotischen Druck bedeuten). Die oben definierte Arbeit ist

$$A = p \cdot v_{mol} \qquad (3)$$

(v_{mol} = Molekularvolumen des Lösungsmittels). Aus den Gleichungen (1), (2) und (3) ergibt sich, da jeweils nur die äußersten gebundenen Moleküle im Gleichgewicht mit dem angelegten Druck stehen,

$$A = \frac{\varphi}{r^{2\nu}}\,, \qquad (4)$$

wobei

$$\varphi = v_{mol}\,k\left(\frac{1000\,M}{N_L \pi l}\right)^{\nu} \qquad (5)$$

ist. Der Quotient M/l ist bei Fadenmolekülen aus Röntgendaten zu entnehmen.

Da bei homöopolaren Substanzen mit Fadenmolekülen ν meist ungefähr gleich 2,5 ist[2], ergibt sich aus Gleichung (4), daß das Solvatationspotential etwa mit der 5. Potenz des Abstandes abnimmt. Nach London nimmt das Potential der Dispersionskräfte bei punktförmigen Molekülen mit der 6. Potenz des Abstandes ab. Bei linearen Molekülen muß die Potenz um eine Einheit geringer werden, in guter Übereinstimmung mit obigem Befund. Über die Größe der entsprechenden Kräfte gibt folgende Tabelle Auskunft. Sie sind, wie man aus dem Vergleich mit dem Kohlendioxyd erkennt[3], in der zu erwartenden Größenordnung[4].

Solvatationspotential als Funktion des Abstandes:
(in cal/Mol Lösungsmittel)

r(Å)	Nitrocellulose in Aceton	Kautschuk in Benzol	CO_2 gasförmig
5	109	8,4	195
10	5,0	0,3	3
20	0,23	0,011	0,047
30	0,038	0,0015	0,004

Genauere Berechnungen an einem größeren Material werden demnächst in einer ausführlicheren Veröffentlichung mitgeteilt.

Freiburg i. Br., Chemisches Institut der Universität, den 14. August 1936. G. V. Schulz.

W. Dickering, Physic. Rev. 45, 352 (1936)], sowie Blackett und Occhialini [P. M. S. Blackett u. G. P. S. Occhialini, Proc. roy. Soc. Lond. 139, 699 (1933)] finden auf Wilson-Aufnahmen von Schauern mehrere Bahnen von energiearmen Elektronen.

[1] Koll. Beih. 3, 442 (1912).

[2] Z. physik. Chem. (A) 158, 257 (1932); 160, 409 (1932); 176, 317 (1936).

[3] Mit den von K. Wohl Z. physik. Chem. (B) 14, 51 (1931) für CO_2 angegebenen Konstanten berechnet.

[4] Vgl. auch die Diskussion „Angew. Chem." 49, 549 (1936).

Besprechungen.

Berzelius-Bibliographie, im Auftrage der Kgl. Schwedischen Akademie der Wissenschaften herausgegeben von Arne Holmberg (Stockholm 1936). Bd. I: 189 S.; Bd. II: 222 S. 14 cm × 22 cm.

Der im Vorjahre (1935) bereits für sich ausgegebenen ersten Hälfte von Bd. I folgten vor kurzem die zweite, sowie der Bd. II (der das Werk zum Abschluß bringt), und zwar gleichfalls in schwedischer Sprache, jedoch mit französischen Übersetzungen der Vorreden und Überschriften. Das 2. Heft des Bandes I bringt auf 37 S. die restliche Liste der gedruckten Schriften, weitere 234 Nummern umfassend: sie betreffen die Selbstbiographie, das Lehrbuch, die sonstigen Werke, die Briefe, und die Arbeiten anderer Gelehrter über Berzelius und seine Leistungen, und förderten allein 56 bisher unbeachtete Beiträge des Meisters zutage. Der Bd. II ist mit 222 S. den Manuskripten gewidmet, und zählt nicht weniger als 2652 Nummern, die in folgende Kapitel eingereiht sind: Selbstbiographie; abgesandte Briefe (deren aber *über 3000* verloren sind!); empfangene Briefe; wissenschaftliche Aufzeichnungen; amtliche Gutachten und Reden aller Art; Erwähnungen Berzelius' in der Literatur. Hieran schließen sich ein Personenregister mit etwa 2400 Namen, ein Verzeichnis der Abkürzungen, ferner Berichtigungen und Nachträge. Das ganze mit fabelhaftem Fleiß und größter Gewissenhaftigkeit ausgeführte Werk gereicht der Kgl. Akademie wie ihrem gelehrten Bibliothekar,

Prof. Dr. A. HOLMBERG, zur hohen Ehre, und stellt ein wahrhaft würdiges Denkmal des unsterblichen Chemikers dar. Wie der Verf. berichtet, hatte er sich der tätigen Mithilfe vieler Fachgenossen mehrerer Länder zu erfreuen, auch Deutscher, denen er unter Namensnennung besten Dank sagt. — Druck und Ausstattung sind ganz vortrefflich.

EDMUND O. VON LIPPMANN, Halle a. S.

SCHMIDT, ADOLF, **Tafeln der Normierten Kugelfunktionen** und ihrer Ableitungen nebst den Logarithmen dieser Zahlen sowie Formeln zur Entwicklung nach Kugelfunktionen. Gotha: Engelhard-Reyher Verlag 1935. 52 S. 15 cm × 23 cm. Preis geb. RM 6.60.

Entwicklungen nach Kugelfunktionen sind für viele geophysikalische Untersuchungen von derselben Bedeutung wie die Fourier-Reihen für die Behandlung von Schwingungsvorgängen. Und wie die Sinusreihen eine physikalische Bedeutung (der Sinus als Lösung der Schwingungsgleichung) mit einer formal-mathematischen Eigenschaft (Entwickelbarkeit willkürlicher periodischer Funktionen) vereinigen, so lassen sich für die Reihen nach Kugelfunktionen zwei geophysikalische Anwendungsgebiete unterscheiden: entweder treten die Kugelfunktionen zwanglos als partielle Lösungen der Grundgleichungen des Problems auf (wie bei der Potentialgleichung $\Delta V = 0$ für das Schwerefeld, die magneto- und elektrostatischen Felder, und bei den Gezeitenschwingungen eines Wasser- oder Luftozeans), oder sie erscheinen als formell zweckmäßiges orthogonales Funktionensystem für die vollständige Darstellung beliebiger Werteverteilungen auf der Kugelfläche.

Eine besondere Bedeutung haben die Kugelfunktionen bei erdmagnetischen Fragen, weil sie es ermöglichen, ein magnetisches Feld, das für die ganze Erdoberfläche bekannt und wirbelfrei ist, zu zerlegen in seine Bestandteile, die im Äußeren und im Innern der Erdoberfläche verursacht sind. Dem Verfasser der vorliegenden Tafeln, dem langjährigen Leiter des erdmagnetischen Observatoriums in Potsdam, verdanken wir die bedeutsamsten Fortschritte in der Theorie der Kugelfunktionen im Hinblick auf ihre geophysikalische Anwendung seit den klassischen GAUSSschen Arbeiten. Hier legt er nun gewissermaßen das Handwerkszeug, das er bei eigenen Rechnungen verwendet hat, zur bequemen Verwendung für andere bereit. Die Normierung — schon 1895 von SCHMIDT vorgeschlagen — hat folgenden Sinn: Die zugeordneten Funktionen, nach ihrer üblichen Definition, sind von recht ungleicher Größenordnung; z. B. sind die Zahlwerte für die sektorielle Funktion sechster Ordnung durchschnittlich etwa 10000mal so groß wie für diejenige erster Ordnung. Das macht es schwierig, die sachliche Bedeutung der einzelnen Reihenglieder an der Größe ihrer Koeffizienten abzuschätzen, und macht auch Zahlenrechnungen unbequem. Dieser Übelstand wird durch Multiplikation der Funktionen mit passenden konstanten Faktoren beseitigt. Diese werden so gewählt, daß der quadratische Mittelwert auf der Kugelfläche bei allen normierten Kugelfunktionen P_n^m derselben Ordnung n der gleiche ist, und daß er mit der Ordnung n nur in demselben schwachen Maße abnimmt wie bei den Kugelfunktionen einer Veränderlichen, also wie $1/\sqrt{2n+1}$. Diese vom Verf. gewählte Quasinormierung hat vor der Vollnormierung (wie etwa in den bekannten Funktionentafeln von JAHNKE-EMDE, 2. Aufl.) den Vorzug, daß die Höchstwerte sich nur wenig unterscheiden, daß die gebräuchlichen zonalen Kugelfunktionen nicht verändert werden und daß schließlich das Additionstheorem seine einfachste Form annimmt.

Die Tafeln gehen bis zur 6. Ordnung einschließlich. Sie dienen einem doppelten Zweck: der Berechnung der Koeffizienten einer Reihenentwicklung, wenn gegebene Werte auf der Kugel dargestellt werden sollen, und umgekehrt der Auswertung einer Reihe, die durch ihre Koeffizienten zahlenmäßig gegeben ist. Für beides genügen die Tafelintervalle 5° in der Breite, und 0,1 für den Cosinus der Breite. Auch die Ableitungen der Funktionen nach der Länge und Breite in der für erdmagnetische Rechnungen brauchbaren Form sind in den Tafeln enthalten. Eine kleine einleitende Sammlung von Formeln enthält Umrechnungsfaktoren für die Funktionen von LAPLACE und NEUMANN sowie die verschiedenen Arten der numerischen Entwicklungen und der Potentialberechnung. Auch die vom Verfasser abgeleiteten Transformationsformeln für Polverschiebungen sind angegeben.

Die Tafeln werden bald zum unentbehrlichen Rüstzeug jedes Geophysikers gehören, und auch Mathematikern und Physikern bieten sie ein wertvolles Hilfsmittel für die Veranschaulichung aller Schwingungsvorgänge, bei denen Kugelfunktionen auftreten. Es wäre zu wünschen, daß sich dann auch die einheitliche Normierung in der von SCHMIDT eingeführten Form durchsetzen möchte. J. BARTELS, Eberswalde.

HEITLER, W., **The Quantum Theory of Radiation.** Oxford: Clarendon Press 1936. VIII, 252 S. und 26 Abbild. 16 cm × 24 cm. Preis geh. 17/6 net.

Das Buch entwickelt zunächst die MAXWELLsche Theorie der elektromagnetischen Wellenfelder, beschäftigt sich insbesondere im engen Anschluß an Ausführungen MAX ABRAHAMS mit der Ausstrahlung eines einzelnen Ladungsträgers, um die Idee der Dipol- und Multipolstrahlung auseinanderzusetzen. Die Auffassung eines beliebigen Feldes als Superposition lauter ebener Wellen eröffnet den Weg zur quantentheoretischen Übertragung. Diese befaßt sich zunächst mit dem Felde im leeren Raum, sodann mit der Wechselwirkung zwischen Feld und Materie, und dieser Gegenstand nimmt naturgemäß den größten Teil des Buches in Anspruch. Als Prozesse erster, zweiter, dritter Ordnung unterscheidet der Verfasser die Emission und Absorption von der Dispersion und Streuung einschließlich des Raman-Effektes und der Entstehung der Röntgen-Bremsstrahlung. Die beiden letzten Teile schließlich geben die Entstehung des Positrons aus absorbierter Strahlung und die Absorption härtester Gamma- und Korpuskularstrahlung wieder.

Das Buch füllt eine Lücke in der physikalischen Literatur aus, da sich bisher diese wichtigen Dinge nirgends im Zusammenhange dargestellt fanden. Freilich scheint ein Unstern über ihm zu schweben, insofern gleichzeitig mit ihm jene Koinzidenzmessungen SHANKLANDS[1] herauskamen, aus denen doch wohl hervorgeht, daß beim einzelnen Atomvorgang Energie- und Impulssatz — mindestens in der alten Form — nicht mehr gelten. Diese Erhaltungssätze bilden aber einen ganz wesentlichen Teil der Quantentheorie der Strahlung, wie sie sich auf den etwa 10 Jahre alten, positiv ausgefallenen Koinzidenzversuchen von BOTHE und GEIGER aufgebaut hat. Nun ist ja über die Deutung dieser Versuche sicher noch nicht das letzte Wort gesprochen. Und dem Verdienste des Verfassers, das er sich durch diese sehr schöne, ziemlich vollständige und klare Darstellung erworben hat, täte es keinen Abbruch, wenn sich die experimentellen Grundlagen des Ganzen als revisionsbedürftig erwiesen. M. v. LAUE, Berlin.

[1] ROBERT S. SHANKLAND, Apparent Failure of the Photon Theory of Scattering. Physic. Rev. **49**, 8 (1936).

MADELUNG, E., **Die mathematischen Hilfsmittel des Physikers,** unter Mitarbeit von K. BOEHLE u. S. FLÜGGE. Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften, Band IV. 3. Aufl. Berlin: Julius Springer 1936. XIII, 381 S. und 25 Abbild. 16 cm × 24 cm. Preis geh. RM 27.—, geb. RM 28.80.

Das bewährte Nachschlagebuch für die mathematischen Methoden, Formeln und Zahlen der Physik liegt in dritter Auflage vor. Beibehalten ist die Zweiteilung in einen mathematischen Teil, der die mathematischen Hilfsmittel bereitstellt, und in einen physikalischen Teil, der das formale Gerüst der einzelnen Zweige der theoretischen Physik darstellt. Die einzelnen Abschnitte sind gegenüber der zweiten Auflage wesentlich umgearbeitet, zum Teil neu geschrieben worden. Dabei ist es dem Verfasser und seinen Mitarbeitern gelungen, den Gehalt des Buches wesentlich stärker zu vermehren als die Seitenzahl. Natürlich ist es die Entwicklung der Physik im letzten Jahrzehnt, die im wesentlichen das neu Aufgenommene bestimmt; wir finden die formalen Hilfsmittel der Quantenmechanik: Darstellung willkürlicher Funktionen durch Systeme bekannter Funktionen, orthogonale Funktionssysteme, im besonderen orthogonale Polynome, Matrizen, Gruppentheorie, Störungsprobleme bei Differentialgleichungen, direkte Verfahren der Variationsrechnung. Auch auf anderen Gebieten finden sich nützliche Ergänzungen, besonders in den vermehrten Tabellen. Der physikalische Teil enthält eine gedrängte Darstellung der neuen Quantenmechanik (nichtrelativistische und DIRACsche Theorie, Strahlung und Materie).

Die neue Auflage stellt in noch vollkommenerer Weise als die früheren ein praktisches Hilfsmittel für alle Arten Physiker dar, den Schüler wie den Forscher, ein Hilfsmittel nicht nur bei der Anwendung der Naturgesetze auf verwickelte Fälle und deren Durchrechnung, sondern vor allem bei der geistigen Durchdringung der Zusammenhänge. F. HUND, Leipzig.

BRÜCHE, E., und O. SCHERZER, **Geometrische Elektronenoptik,** Grundlagen und Anwendungen. Berlin: Julius Springer 1934. XII, 332 S. 1 Titelbild und 403 Abbild. 17 cm × 25 cm. Preis geh. RM 26.—, geb. RM 28.40.

Das Buch beginnt mit einem einleitenden Abschnitt über die *allgemeinen Grundlagen der Elektronenoptik*, in dem die Doppelnatur von Licht- und Elektronenstrahlen in sehr anschaulicher Weise auseinandergesetzt wird. Während sich die meisten Erscheinungen in der Optik durch eine Wellenbewegung des Äthers und die Erscheinungen in der Elektronik durch eine korpuskulare Bewegung freier Elektronen erklären lassen, ist es bisher nicht gelungen, den lichtelektrischen Effekt und die Beugungserscheinungen von Elektronen in diese Vorstellungen einzugliedern. Die Erscheinungen beim lichtelektrischen Effekt lassen sich nur durch die Annahme erklären, daß das Licht eine korpuskulare Bewegung der Lichtquanten ist. Umgekehrt führen die Beugungserscheinungen beim Durchgang von Elektronen durch sehr dünne Metallfolien zu der Vorstellung, daß die Elektronenbewegung eine Wellenbewegung ist. Es wird gezeigt, daß durch diese Vorstellungen nicht nur die genannten Erscheinungen erklärt worden sind, sondern daß darüber hinaus durch ihren Ausbau weitere fruchtbare Ergebnisse erzielt wurden.

In dem einleitenden Abschnitt wird weiterhin die Analogie zwischen der Brechung von Lichtstrahlen an der Grenzfläche von Medien mit verschiedener optischer Dichte und der Ablenkung von Elektronenstrahlen beim Durchgang durch elektrische Felder behandelt. Treten Elektronen mit der Geschwindigkeit U (gemessen in Volt durchlaufener Spannung) unter einem Winkel α in ein unendlich schmales elektrisches Feld hinein, durch das ihr Potential um den Betrag u geändert wird, so verlassen sie das elektrische Feld unter einem Winkel β, wobei

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \sqrt{1+\frac{u}{U}}$$

ist. Dieses Gesetz entspricht dem bekannten Brechungsgesetz in der Optik $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{n_2}{n_1}$, wobei z. B. n_1 der Brechungsindex von Luft und n_2 der Brechungsindex von Glas ist. Aus dem optischen Brechungsgesetz ergibt sich bekanntlich, daß man alle von einem Punkt ausgehenden Lichtstrahlen durch eine Linse wieder in einen Punkt vereinigen und daß man von Gegenständen Bilder erzeugen kann. Aus dem analogen Gesetz für die Bewegung von Elektronen folgt in gleicher Weise, daß sich alle von einem Punkt ausgehenden Elektronenstrahlen durch entsprechend geformte Potentialfelder wieder in einen Punkt zusammenführen lassen.

Im zweiten Abschnitt *„Die brechenden Medien der Elektronenoptik"* wird nach BUSCH allgemein nachgewiesen, daß sich rotationssymmetrische elektrische und magnetische Felder den Elektronenstrahlen gegenüber genau so verhalten wie Linsen gegenüber den Lichtstrahlen. „Elektronenlinsen" lassen sich durch magnetische Konzentrationsspulen, durch linsenartig gekrümmte Netze mit verschiedenen Potentialen und schließlich durch rotationssymmetrische Lochblenden und Hohlkörper verwirklichen, deren Formen und Potentiale so gewählt sind, daß das zwischen ihnen liegende elektrische Feld eine radial nach innen gerichtete Komponente aufweist. Es wird gezeigt, wie man die Potentialfelder derartiger Elektrodenanordnungen rechnerisch und experimentell bestimmen kann.

Im 3. Abschnitt *„Die Brechungselemente der Elektronenoptik"* werden die Brennweiten derartiger „elektrischer Linsen" berechnet, und zwar zunächst unter der Annahme, daß die Elektronen beim Durchgang durch die Potentialfelder ihren Achsabstand nicht ändern. Zu genaueren Lösungen kommt man durch Anwendung des Verfahrens der schrittweisen Approximation, wonach auf Grund der erzielten Ergebnisse genauere Annahmen über die Bahn der Elektronen beim Durchgang durch die elektrischen Linsen gemacht werden. Dieselben Betrachtungen werden auch für „magnetische Linsen" durchgeführt.

Obgleich diese Rechnungen sehr mühsam und langwierig sind, ist mit ihnen recht wenig gewonnen, da man die Brennweiten durch einfachere Überschlagsrechnungen und anschließende Versuche schneller und genauer ermitteln kann. Dagegen wäre es von großer Bedeutung, wenn man irgendwelche Elektrodenformen berechnen könnte, bei denen keine Abbildungsfehler auftreten, da die experimentelle Ermittlung derartiger Anordnungen sehr zeitraubend ist. Leider erscheint es sehr fraglich, ob eine derartige Berechnung gelingen wird.

Im 4. Abschnitt *„Raumladungsfelder"* wird die Gaskonzentration des Elektronenstrahles behandelt, ohne daß auf eine optische Abbildung eingegangen wird. Die Gaskonzentration wird mit einer optischen Konzentration von Lichtstrahlen durch sehr viele hintereinandergeschaltete Linsen verglichen. Am Schluß werden frühere Experimente mit Kathodenstrahlen unter einheitlichen Gesichtspunkten zusammengestellt.

Den 5. Abschnitt *„Die Braunsche Röhre"* beginnen die Verfasser mit der geschichtlichen Entwicklung der BRAUNschen Röhre, dann wenden sie die elektronen-

optischen Gesichtspunkte auf die BRAUNsche Röhre an, die sich hier sehr vereinfachen, da es bei der BRAUNschen Röhre auf die getreue Abbildung der einzelnen Teile der Kathode nicht ankommt. Anschließend gehen die Verfasser auch auf andere Probleme der BRAUNschen Röhre ein, wie z. B. die Gestaltung der Kathode und die Intensitätssteuerung für das Fernsehen.

Der 6. Abschnitt „*Das Elektronenmikroskop*" behandelt das wichtigste Anwendungsgebiet der „Elektronenoptik". Mit Hilfe von Elektronen kann man Glühkathoden sowie durchstrahlte Netze und Folien abbilden. Von großer praktischer Bedeutung ist die Abbildung von Oxydkathoden und ihre Beobachtung während des Betriebes. Man kann auf diese Weise objektiv die Vorgänge an der Kathode über längere Zeit verfolgen und Unterlagen für klarere Vorstellungen über die Kathode gewinnen. Die verschiedenen Kathodenarten sind eingehend untersucht und alle Angaben durch viele schöne photographische Aufnahmen belegt.

Man hatte früher geglaubt, durch ein Elektronenmikroskop wesentlich stärkere Vergrößerungen als durch ein optisches Mikroskop erzielen und insbesondere Moleküle beobachten zu können. Leider ist das Elektronenmikroskop hierzu schon deswegen ungeeignet, weil durch den Meßvorgang selbst die Moleküle sehr stark beeinflußt werden würden.

Im 7. Abschnitt „*Der Spektrograph*" wird insbesondere die Trennung von verschiedenartigen Ionen und die Trennung von Elektronen verschiedener Geschwindigkeit behandelt. Die letztere Aufgabe tritt z. B. bei der Ermittlung des Geschwindigkeitsspektrums der β-Strahlung einer radioaktiven Substanz auf. Die Elektronen verschiedener Geschwindigkeit werden dadurch voneinander getrennt, daß der Elektronenstrahl magnetisch oder elektrisch abgelenkt wird. Zur scharfen Begrenzung der einzelnen Spektralbereiche ist es oft sehr wichtig, daß die Elektronen gleichzeitig konzentriert werden. Mit dieser Aufgabe befassen sich die Verfasser eingehend. E. HUDEC, Berlin.

RICHTER, FRIEDRICH, **Kurze Anleitung zur Orientierung in Beilsteins Handbuch der organischen Chemie.** Unter Mitwirkung von KONRAD ILBERG herausgegeben von der Deutschen Chemischen Gesellschaft. Berlin: Julius Springer 1936. 23 Seiten. 16,5 cm × 25 cm. Das Buch wird kostenlos an die Bezieher des Handbuches abgegeben.

Erfahrungsgemäß macht es — und nicht nur für den Anfänger — Schwierigkeiten, sich in der fachwissenschaftlichen Literatur zurechtzufinden, besonders dann, wenn kein vollständiges Referatenblatt für das betreffende Gebiet besteht. In dieser Richtung sind nun zwar die Chemiker begünstigt, denn sie besitzen das „Zentralblatt", das wöchentlich Referate von allen Veröffentlichungen auf chemischem Gebiete annähernd chronologisch bringt. Darüber hinaus aber versuchen die beiden Handbücher — der „Gmelin" für die anorganische und der „Beilstein" für die organische Chemie — alles Bekannte auch systematisch über einen größeren Zeitraum zusammenzufassen. Während nun für das anorganische Handbuch eine Systematik der Elemente und ihrer meist ja relativ einfach zusammengesetzten Verbindungen durch das „Periodische System" von vornherein gegeben ist, ist es für die mehr als 300000 bisher bekannten organischen Verbindungen prinzipiell unmöglich, ein entsprechendes „natürliches" System aufzufinden, das die Grundlage eines Ordnungsprinzips geben könnte. Hier muß daher ein konventionelles System aufgestellt werden, das, auf möglichst wenig Grundregeln aufbauend, jeder Verbindung bekannter Struktur einen ganz bestimmten Platz anweist. Ein solches System, das natürlich nicht das einzig mögliche ist, ist dem großen BEILSTEINschen Handbuch der organischen Chemie zugrunde gelegt.

Will man feststellen, ob eine beliebige Verbindung schon bekannt und im Handbuch behandelt ist, so ist es unerläßlich, die Regeln zu kennen, die dem „Beilsteinsystem" zugrunde liegen, wenn nicht viel Zeit durch unnützes Suchen vergeudet werden soll. Nun sind zwar diese Regeln in einer Sonderschrift von B. PRAGER, D. STERN und K. ILBERG ausführlich beschrieben; aber diese Anleitung für die Benutzung des Handbuches ist recht umfangreich — 246 Seiten — und hat daher über den Kreis der eigentlichen organischen Chemiker hinaus keine große Verbreitung gefunden. Aus diesem Grunde ist immer wieder der Wunsch nach einem Leitfaden laut geworden, der als Einführung für den großen Kreis der Organiker und darüber hinaus auch für weitere Interessenten geeignet ist.

Diesem Wunsche entspricht nun die kleine Schrift von FRIEDRICH RICHTER, dem heutigen Redakteur des Beilstein, und seinem Mitarbeiter K. ILBERG aufs beste. Dieses Heftchen von 23 Seiten Umfang bringt mit hervorragender Klarheit und in lebendigem Stil alles das, was dem Anfänger und auch dem gelegentlichen Benutzer des Beilstein zu wissen unbedingt notwendig ist.

Von dieser Grundlage aus, die sich naturgemäß nur auf die Angaben der Hauptprinzipien des „Beilsteinsystems" beschränkt, dürfte es dann einem jeden leicht sein, sich auch in komplizierteren Fällen zurechtzufinden. Daß dem, der den Beilstein schon ohnehin verwendet, mit dieser kurzen Anleitung weitgehende Hilfe gewährt wird, erscheint dem Referenten sicher. Es mag aber weiterhin die Hoffnung ausgesprochen werden, daß durch die RICHTERsche Anleitung dem Beilstein auch noch diejenigen zu Freunden werden, die bis jetzt vor der Benutzung des umfangreichen Werkes — bisher je 22 Bände des Haupt- und des Ergänzungswerkes — zurückschreckten.

Bei dieser Gelegenheit sei noch einmal ausdrücklich hervorgehoben, daß der Beilstein — entgegen den kürzlich in einem englischen Prospekt aufgestellten falschen Behauptungen — im Hauptwerk und ersten Ergänzungswerk, die beide im wesentlichen im Jahre 1937 zum Abschluß gelangen sollen, sämtliche bis zum Jahre 1919 einschließlich erschienene Literatur berücksichtigt. Weitere Ergänzungsbände, zu denen die Vorarbeiten seit 1928 im Gang sind, werden dann das Schrifttum von 1920 an bis zur Gegenwart vollständig bringen. Ob, gleich dadurch der Stoff natürlich ungeheuer anwächst, wird das Auffinden jeder gesuchten Verbindung gleich leicht sein wie bisher; denn auch die neuerdings beschriebenen Verbindungen lassen sich mit dem bisher bewährten Ordnungsprinzip mühelos bewältigen.

E. THILO, Berlin.

Herausgeber und verantwortliche Redakteure: HANS MATTHÉE und FRITZ SÜFFERT, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.

Handbuch der Bodenlehre

Bearbeitet von zahlreichen Fachgelehrten

Herausgegeben von

Dr. **E. Blanck**

o. ö. Professor und Direktor des Agrikulturchemischen und Bodenkundlichen Instituts der Universität Göttingen

Jeder Band ist einzeln käuflich

Übersicht des Gesamtwerkes

Allgemeine oder wissenschaftliche Bodenlehre

Erster Band:

Die naturwissenschaftlichen Grundlagen der Lehre von der Entstehung des Bodens. Mit 29 Abbildungen. VIII, 335 Seiten. 1929. RM 24.50; gebunden RM 26.64

Zweiter Band:

Die Verwitterungslehre und ihre klimatologischen Grundlagen. Mit 50 Abbildungen. VI, 314 Seiten. 1929. RM 26.64; gebunden RM 28.80

Dritter Band:

Die Lehre von der Verteilung der Bodenarten an der Erdoberfläche (Regionale und zonale Bodenlehre). Mit 61 Abbildungen und 3 Tafeln. VIII, 550 Seiten. 1930. RM 48.60; gebunden RM 51.50

Vierter Band:

Aklimatische Bodenbildung und fossile Verwitterungsdecken. Mit 32 Abbildungen. VIII, 534 Seiten. 1930. RM 52.40; gebunden RM 55.10

Fünfter Band:

Der Boden als oberste Schicht der Erdoberfläche. Mit 103 Abbildungen. VII, 483 Seiten. 1930. RM 46.80; gebunden RM 49.50

Sechster Band:

Die physikalische Beschaffenheit des Bodens. Mit 104 Abbildungen. VIII, 423 Seiten. 1930. RM 39.24; gebunden RM 41.94

Siebenter Band:

Der Boden in seiner chemischen und biologischen Beschaffenheit. Mit 72 Abbildungen. VII, 475 Seiten. 1931. RM 46.80; gebunden RM 49.50

Angewandte oder spezielle Bodenkunde

(Technologie des Bodens)

Achter Band:

Der Kulturboden und die Bestimmung seines Fruchtbarkeitszustandes. Mit 21 Abbildungen. VIII, 714 Seiten. 1931. RM 76.—; gebunden RM 79.—

Neunter Band:

Die Maßnahmen zur Kultivierung des Bodens. Mit 83 Abbildungen. VII, 583 Seiten. 1931. RM 66.—; gebunden RM 69.—

Zehnter Band:

Die technische Ausnutzung des Bodens, seine Bonitierung und kartographische Darstellung. Mit 51 Abbildungen und 4 Tafeln. Mit Generalregister zu Band I—X. IX, 635 Seiten. 1932. RM 76.—; gebunden RM 79.—

Jeder Band enthält ein ausführliches Namen- und Sachregister

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

Handbuch der Astrophysik

Herausgegeben von

G. Eberhard A. Kohlschütter H. Ludendorff

Zuletzt erschien: **Band VII**

Ergänzungsband

Berücksichtigend die Literatur bis Ende 1934
nebst einem Generalregister des Gesamtwerkes

Mit 110 Abbildungen. IX, 755 Seiten. 1936. RM 126.—; gebunden RM 129.—

Inhaltsübersicht:

Band I: Kap. 3. Spektroskopie. Von K. W. Meissner-Frankfurt a. M. — Kap. 5. Apparate und Methoden zur Messung der Gesamtstrahlung der Himmelskörper. Von W. E. Bernheimer-Wien. — **Band II:** Kap. 1. Theoretische Photometrie. Von E. Schoenberg-Breslau. — Kap. 2. Spektralphotometrie. Von H. Brück-Potsdam. — Kap. 3. Kolorimetrie. Von H. von Klüber-Potsdam. — Kap. 4. Lichtelektrische Photometrie. Von H. Rosenberg-Kiel. — Kap. 5. Photographische Photometrie. Von G. Eberhard-Potsdam. — Kap. 6. Visuelle Photometrie. Von W. Hassenstein-Potsdam. — **Band III:** Kap. 2 und 8. Thermodynamik der Sterne und Pulsationstheorie. Von B. Strömgren-Kopenhagen. — Kap. 3. Die Ionisation in den Atmosphären der Himmelskörper. Von B. Strömgren-Kopenhagen. — Chapter 4. The Principles of Quantum Theory. By S. Rosseland-Oslo. — Kap. 5. Gesetzmäßigkeiten in den Serienspektren. Von W. Grotrian-Potsdam. — Kap. 6. Theorie der Multiplettspektren. Von O. Laporte-Ann Arbor, Michigan. — Kap. 7. Bandenspektra. Von K. Wurm-Potsdam. — **Band IV:** Kap. 1. Strahlung und Temperatur der Sonne. Von W. E. Bernheimer-Wien. — Chapter 2. Solar Physics. By G. Abetti-Firenze. — Chapter 3. Eclipses of the Sun. By S. A. Mitchell-Charlottesville, Va. — Kap. 4. Die physische Beschaffenheit des Planetensystems. Von K. Graff-Wien. — Kap. 5. Kometen und Meteore. Von A. Kopff-Berlin-Dahlem. — **Band V:** Kap. 1. Klassifizierung und Beschreibung der Sternspektren. Von Fr. Becker-Bonn. — Kap. 2. Zur Statistik der Spektraltypen. Von Fr. Becker-Bonn. — Kap. 3. Die Temperaturen der Fixsterne. Von W. Becker-Potsdam. — Chapter 4. Luminosities, Colours, Diameters, Densities, Masses of the Stars. By K. Lundmark-Lund. — Chapter 5. Stellar Clusters. By H. Shapley-Cambridge, Mass. — Chapter 6. The Nebulae. By H. D. Curtis-Ann Arbor, Michigan. — Kap. 7. Die Milchstraße. Von B. Lindblad-Stockholm. — **Band VI:** Chapter 1. The Radial Velocities of the Stars. By K. G. Malmquist-Stockholm. — Kap. 2. Die veränderlichen Sterne. Von H. Ludendorff-Potsdam. — Chapter 3. Novae. By F. J. M. Stratton-Cambridge. — Kap. 4. Doppelsterne. Von W. Rabe-München. — Erläuterungen zu den Abkürzungen. — Sachverzeichnis zu Band I—VII.

Die übrigen Bände:

Band I: **Grundlagen der Astrophysik.** I. Teil. Mit 299 Abbildungen. XII, 564 Seiten. 1933. RM 96.—; gebunden RM 99.—

Band II: **Grundlagen der Astrophysik.** II. Teil. 1. Hälfte. Mit 134 Abbildungen. XI, 430 Seiten. 1929. RM 59.40; gebunden RM 62.10

2. Hälfte. Mit 85 Abbildungen. VII, 322 Seiten. 1931. RM 48.60; gebunden RM 51.48

Band III: **Grundlagen der Astrophysik.** III. Teil. 1. Hälfte. Mit 44 Abbildungen. X, 473 Seiten. 1930. RM 66.60; gebunden RM 69.30

2. Hälfte. Mit 131 Abbildungen. VIII, 358 Seiten. 1930. RM 52.92; gebunden RM 55.80

Band IV: **Das Sonnensystem.** Mit 221 Abbildungen. VIII, 501 Seiten. 1929. RM 68.40; gebunden RM 70.92

Band V: **Das Sternsystem.** I. Teil. 1. Hälfte. Mit 173 Abbildungen. X, 574 Seiten. 1932. RM 96.—; gebunden RM 99.—

2. Hälfte: Mit 118 Abbildungen und 2 Tafeln. X, 582 Seiten. 1933. RM 96.—; gebunden RM 99.—

Band VI: **Das Sternsystem.** II. Teil. Mit 123 Abbildungen. IX, 474 Seiten. 1928. RM 59.40; gebunden RM 61.83

Jeder Band ist einzeln käuflich, Bandteile werden nicht einzeln abgegeben.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

Sämtliche in diesem Heft besprochenen oder angezeigten Bücher sind durch alle Buchhandlungen zu beziehen.

Hierzu drei Beilagen vom Verlag ***Julius Springer in Berlin.***

Verlag von Julius Springer in Berlin / Verantwortlich für den Anzeigenteil Albert Meyer in Berlin-Steglitz, Kühlebornweg 5.
Druck der Spamer A.-G. in Leipzig / DA. II. Vj. 3300 — Pl. 4 / Printed in Germany.